

**HENGITYSTIEN VARMISTUSMENETELMÄT JA NIIDEN  
KÄYTTÖKELPOISUUS SIMULOIDUSSA ELVYTYSTILANTEESSA  
LÄÄKETIETEEN OPISKELIJOILLA**

*Jussi Nokelainen*

Tutkielma

Lääketieteen koulutusohjelma

Itä-Suomen yliopisto

Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos, anestesiologia ja tehohoito

Helmikuu 2015

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Lääketieteen koulutusohjelma

Nokelainen, Jussi: Hengitystien varmistusmenetelmät ja niiden käyttökelpoisuus

simuloidussa elvytystilanteessa lääketieteen opiskelijoilla

Opinnäytetutkielma, 74 sivua, 1 liite (1 sivu)

Tutkielman ohjaajat: anesthesiologian erikoislääkäri, kliininen opettaja Kirsimarja

Metsävainio

Helmikuu 2015

Avainsanat: hengitystien varmistus, intubaatio, kurkunpääputki, kurkunpäänaamari, elvytys

Avoimen hengitystien varmistaminen on tärkeä kliininen taito, joka jokaisen potilastyötä tekevän lääkärin tulisi hallita. Perinteisesti käytetyin hengitystien varmistusmenetelmä on ollut endotrakeaalinen intubaatio. Intubaatioon liittyy kuitenkin useita ongelmia: sen oppiminen on vaikeaa, sen suorittaminen on hidasta ja epäonnistuneen intubaation riski on merkittävä.

Intubaation vaihtoehtoina on yhä enemmän alettu käyttää supraglottisia hengitystien varmistusvälineitä. Suomessa käytetyimmät supraglottiset välineet ovat kurkunpääputki (LT) ja kurkunpäänaamari (LMA). Supraglottisten menetelmien oppimisen ja käytön on useissa tutkimuksissa havaittu olevan intubaatiota helpompaa.

Nykyisten hoitosuosituksen mukaan intubaation suorittajan tulee olla kokenut ja asianmukaisen koulutuksen saanut terveydenhuollon ammattilainen. Kokemattomien, vain harvoin työssään hengitystietä varmistamaan joutuvien henkilöiden, tulisi käyttää ensisijaisesti supraglottisia hengitystien varmistusvälineitä.

Suomessa intubaation opetus on edelleen osa lääketieteen lisensiaattien peruskoulutusta, vaikka sen kunnollinen oppiminen nykyisillä opetusresursseilla ei ole mahdollista.

Tutkimusryhmämme keräsi tutkimusaineiston Itä-Suomen yliopiston kolmannen vuoden lääketieteen opiskelijoiden elvytystentistä. Vertailimme käytettyjä hengitystien varmistusmenetelmiä, hengitystien varmistamiseen kulunutta aikaa ja asettamiseen liittyneitä ongelmia.

Avoimen hengitystien varmistaminen simuloidussa elvytystilanteessa ensimmäisellä yrityksellä onnistui 52 %:lla intubaatiota, 91,2 %:lla kurkunpääputkea ja 98,2 %:lla kurkunpäänaamaria käyttäneistä opiskelijoista. Onnistuneen intubaation suorittaminen oli merkittävästi supraglottisia menetelmiä hitaampaa. Intubaatiosta aiheutui myös huomattavan usein taukoja paineluelvytykseen.

Tutkimuksen perusteella lääketieteen opiskelijoiden suorittama intubointi on supraglottisiin hengitystien varmistusmenetelmiin verrattuna hidasta ja epäonnistuu huomattavan usein. Tutkimustulosten perusteella tulisi pohtia, onko intubaation opetus tarpeellista ja järkevää osana lääketieteen lisensiaattien peruskoulutusta.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND, Faculty of Health Sciences

School of Medicine

Medicine

Nokelainen, Jussi: Different airway management methods and their feasibility in simulated cardiopulmonary resuscitation

Thesis, 74 pages, 1 addendum (1 page)

Tutor: Metsävainio Kirsimarja, anesthesiology specialist, clinical lecturer

February 2015

Keywords: airway management, intubation, laryngeal tube, laryngeal mask, cardiopulmonary resuscitation

Airway management is an important clinical skill that every clinician should master. Traditionally the most widely used method for airway management has been endotracheal intubation. Intubation is rather difficult method to learn. Moreover, it's often time-consuming to perform and the risk for failed intubation is significant.

The use of supraglottic airway devices as an alternative for intubation is becoming increasingly more common. In Finland, the most widely used supraglottic airway devices are laryngeal tube airway (LT) and laryngeal mask airway (LMA). In a number of studies, the learning and the use of supraglottic airway methods has been observed to be easier than the intubation.

According to the current treatment guidelines, intubation should be performed only by a health care professional who is experienced and properly educated in intubation skills. Inexperienced persons, who infrequently perform airway management, should primarily use the supraglottic airway devices.

Teaching of intubation skills is still a part of Finnish medical student's basic education. Sufficient learning of intubation is not plausible with the current teaching resources.

We collected our research data by analyzing the results obtained from a manikin-assisted cardiopulmonary resuscitation exam undertaken by third year medical students. We compared the airway methods used, the speed of their insertion and the problems associated with their use.

Successful airway management during the exam was achieved by 52 % of those who used intubation, 91,2 % who used LT and 98,2 % who used LMA. Even the successful intubations were markedly slower than the successful use of supraglottic airway methods. Intubation also resulted in considerably frequent pauses in chest compressions.

According to this study, the endotracheal intubation performed by medical students is more risky, more time-consuming and less frequently successful when compared to the use of supraglottic airway methods. Based on these results, it should be considered whether teaching of endotracheal intubation skills is reasonable and necessary part of basic medical education.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 KIRJALLISUUSKATSAUS.....</b>	<b>8</b>
2.1 Hengitystien hallinnan perusteet.....	8
2.1.1 Hapautumisen merkitys .....	8
2.1.2 Hiilidioksidin eliminaation merkitys .....	9
2.1.3 Hapenpuutteen ja hyperkapnian mekanismit.....	9
2.1.4 Aspiraatio .....	10
2.1.5 Hengitystien varmistamisen merkitys .....	11
2.2 Hengitystien varmistamista vaativat tilanteet .....	12
2.2.1.1 Yleistä elvytyksestä .....	13
2.2.1.2 Elvytystilanteet .....	14
2.2.1.3 Nykyiset elvytys-suositukset .....	15
2.2.1.4 Elvytyksen aikainen hengitystien varmistaminen .....	16
2.2.2 Trauma .....	18
2.2.3 Intoksikaatiot.....	19
2.2.4 Aivoverenkierron häiriöt .....	20
2.2.5 Hengitysvajaus .....	21
2.3. Hengitystien varmistamisen eri menetelmistä .....	22
2.3.1 Maski-paljeventilaatio .....	23
2.3.2 Nieluputki eli orofaryngeaalinen ilmatie.....	29
2.3.3 Nenänieluputki eli nasofaryngeaalinen ilmatie.....	30
2.3.4 Endotrakeaalinen intubaatio.....	31
2.3.4.1 Yleistä intubaatiosta .....	31
2.3.4.2 RSI-Intubaatio.....	33
2.3.4.3 Intubaation komplikaatiot.....	34
2.3.4.4 Intubaation oppiminen .....	35
2.3.5 Supraglottiset ilmatiet.....	39
2.3.5.1 Kurkunpäänaamari eli larynksmaski (LMA).....	39
2.3.5.2 Kurkunpää- eli larynksputki (LT).....	42
2.3.5.3 Combitube .....	45
<b>3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS .....</b>	<b>48</b>
<b>4 TUTKIMUSAINESTO JA MENETELMÄT .....</b>	<b>49</b>
4.1 Tutkimusaineisto .....	49
4.2 Menetelmät.....	50
<b>5 TULOKSET .....</b>	<b>51</b>

5.1 Käytetyt välineet ja niiden käytön onnistuminen .....	51
5.2 Hengitystien varmistamiseen kulunut aika .....	53
5.3 Paineluevlytyksen keskeytyminen ja paikan varmistaminen.....	55
5.4 Ongelmat.....	56
<b>6 POHDINTA.....</b>	<b>58</b>
<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>63</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>74</b>

## 1 JOHDANTO

Ihmiselämä on riippuvaista jatkuvasta hengityskaasujen vaihdosta. Solut tarvitsevat sisäänhengitysilman happea toimiakseen ja toisaalta niiden pitää päästä eroon tuottamastaan hiilidioksidista, jonka poistumisesta vastaa pääosin uloshengitys. Mikäli avointa hengitystietä ei ole, lakkaa myös kaasujenvaihto sisään- ja uloshengityksen estyessä. Häiriöt kaasujenvaihdossa aiheuttavat välittömän uhan ihmisen hengelle ja terveydelle.

Hengitystien varmistamisella tarkoitetaan avoimen hengitystien turvaamista sellaisissa tilanteissa, joissa se on menetetty. Se on tärkeä kliininen taito, joka jokaisen ihmisten kanssa työskentelevän lääkärin tulisi hallita.

Hengitystien varmistamista vaativat tilanteet tapahtuvat usein yllättäen ja vaativat välitöntä reagointia. Oikea-aikaisesti ja oikein toteutettuna hengitystien varmistaminen voi olla hengen pelastava toimenpide. Vastaavasti taas liian myöhään tai epäonnistuneesti varmistettu hengitystie saattaa merkitä potilaan terveydentilan vakavaa vaarantumista tai jopa kuolemaa.

Hengitystien varmistamiseksi on saatavilla useita erilaisia apuvälineitä, joista perinteisin ja ehkäpä maailmanlaajuisesti edelleen käytetyin on endotrakeaalinen intubaatio. Intubaatioon liittyy kuitenkin useita eri ongelmia: sen kunnollinen oppiminen ja taidon ylläpitäminen on hankalaa (Komatsu ym. 2010, De Oliveira ja Filho 2002, Bradley ym. 1998), sen käyttö elvytyksessä saattaa aiheuttaa pitkiä taukoja paineluelvytykseen (Valenzuela ym. 2005, Kurola ym. 2004) ja sen käyttö voi altistaa useille vakaville komplikaatioille (Heffner ym. 2013, Pitt ja Kellermann 2004, Krause ja Donen 1984).

Intubaation lisäksi on kehitetty niin sanottuja supraglottisia hengitystien varmistusvälineitä, joista yleisimmin käytettyjä ovat kurkunpääputki eli larynkstuubi (LT) sekä kurkunpää- eli larynksmaski (LMA). Supraglottisten hengitystien varmistusvälineiden käytön oppiminen ja käyttötaidon ylläpitäminen on useiden tutkimusten perusteella helpompaa kuin intubaation oppiminen (Tiah ym. 2005, Weksler ym. 2005). Avoimen hengitystien turvaaminen niiden avulla on tutkimusten perusteella myös nopeampaa ja varmempaa kuin intubaatiota käytettäessä (Chen ym. 2008, Kurola ym. 2006b, Tiah ym. 2005, Reinhardt ja Simmons 1994, Pennant ym. 1992). Elvytyksen Käypä hoito -suosituksen

mukaan intubaation suorittaminen tulisi jättää sen varmasti osaavien ensihoito-, anestesia- ja tehohoitolääkäreiden vastuulle. Muiden tulisi intubaation sijasta käyttää ensisijaisesti supraglottisia hengitystien varmistusvälineitä (Elvytys: Käypä hoito -suositus 2011). Vaikka intubaation osaamisen tarpeellisuus ja sen käytön turvallisuus kokemattomien lääkäreiden suorittamana on hoito-suositusten ja tutkimusnäytön perusteella vahvasti kyseenalaistettu, opetetaan sitä edelleen Suomen lääketieteellisissä tiedekunnissa lääketieteen opiskelijoille.

Miten hengitystien varmistamista tulisi sitten opettaa? Onko intubaation opettaminen lääketieteen opiskelijoille perusteltua, tarpeellista ja turvallista? Voitaisiinko intubaation opetus yliopistossa kokonaan korvata supraglottisten hengitystien varmistusmenetelmien ja maski-paljeventilaation opetuksella? Muun muassa näihin kysymyksiin tutkimusryhmämme halusi tässä tutkimuksessa etsiä vastauksia.

Seurasimme Itä-Suomen yliopiston lääketieteen opiskelijoiden suorittamaa elvytystenttiä vuosina 2011–2013, ja keräsimme sen aikana suoritettuihin hengitystien varmistamistoimenpiteisiin liittyvää tietoa. Halusimme selvittää muun muassa mitä hengitystien varmistusvälineitä opiskelijat käyttäisivät, riippuisivatko onnistuneet toimenpiteet ja hengitystien varmistamiseen kulunut aika valitusta välineestä ja mitä mahdollisia ongelmia avoimen hengitystien varmistamiseen liittyisi.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Hengitystien hallinnan perusteet

#### 2.1.1 Happeutumisen merkitys

Solujen toiminta on riippuvaista jatkuvasta hapensaannista. Normaalisti toimiva hengityselimistö ja hengitysilman kulun mahdollistava avoin hengitystie ovat välttämättömiä elimistön hapensaannille. Riittävän hapen saannin häiriintyminen eli hypoksia tai sen täydellinen keskeytyminen eli anoksia aiheuttavat nopeasti solujen energiantuotannon heikentymisen ja pysäyttävät niille elintärkeät toiminnot. Verenkierron pysähtyminen eli iskemia aiheuttaa solukuoleman pelkkää anoksiaa tai hypoksiaa nopeammin, koska aiheuttamansa anoksian lisäksi se estää solujen sisälle kertyvien ja niiden homeostaasia häiritsevien metaboliatuotteiden poistumisen verenkierron mukana.

Ihmiskehon kudosten kyky sietää iskemiaa ja anoksiaa on ensisijaisesti riippuvainen niiden kyvystä tuottaa tarvitsemansa energia anaerobisten metaboliareittien kautta ja vaihtelee huomattavasti eri kudostyyppien välillä. Esimerkiksi ihon karvafollikkeleiden solut voivat säilyä hengissä hapettomissa olosuhteissa jopa muutaman vuorokauden ajan. Myös useimmat lihassolut voivat pysyä hengissä jopa useita tunteja ilman hapen saantia. Ihmisyksilön elämän kannalta kaikkein tärkeimpien solujen eli hermosolujen kyky sietää hapettomia olosuhteita on kuitenkin varsin heikko johtuen niiden heikosta anaerobisesta kapasiteetista. Aivojen verenkierron täydellisestä keskeytymisestä seuraa tajuttomuus jo alle 10 sekunnissa, ja yli 2–3 minuuttia kestävä aivoverenkierron pysähtymisen seurauksena aivojen hermosolut alkavat vaurioitua peruuttamattomasti ja kuolla niiden glykokeenivarastojen ehdyttyä (Guyton ja Hall 2006, Meisenberg ja Simmons 2006). Aivojen välittömän hapensaannin palauttaminen ja turvaaminen yksilön hengissä pitämiseksi onkin ensisijaisen tärkeää niissä tilanteissa, joissa se on jostain syystä häiriintynyt.



### 2.1.2 Hiilidioksidin eliminaation merkitys

Hiilidioksidia syntyy ihmiskehossa solujen energia-aineenvaihdunnan lopputuotteena. Hiilidioksidin osapaine ihmisen valtimoveressä vaihtelee normaalitilanteessa välillä 4,5–6,0 kPa (normokapnia). Koska hiilidioksidin osapaine ilmakehässä on vain noin 0,04 kPa, se poistuu paine-eronsa mukaisesti verenkierrosta keuhkojen kautta ulkoilmaan passiivisen diffuusion avulla. Hiilidioksidin pitoisuus verenkierrossa on tarkan ja nopeasti reagoivan säätelyn alaista, koska nopeat muutokset veren hiilidioksidiosapaineessa voivat aiheuttaa haitallisia solujen aineenvaihdunnan häiriöitä. Mikäli elimistön puskurijärjestelmät eivät kykene ylläpitämään normokapniaa, on seurauksena veren pH-arvon muutos. Hiilidioksidin osapaineen nousua eli hyperkapniaa seuraa pH-arvon lasku (asidoosi) ja osapaineen laskua eli hypokapniaa pH:n nousu (alkaloosi). Hyperkapnia aiheuttaa elimistössä sympatikonin vasteen lisäen adrenaliinin ja noradrenaliinin vapautumista lisämunuaisista, minkä seurauksena sydämen minuuttitilavuus kasvaa. Aivoissa hyperkapnia sekä lisää aivoverenkiertoa, että aiheuttaa aivoverisuonten vasodilataatiota, minkä seurauksena tapahtuu aivopaineen nousu. Erityisesti äkillisen ja kompensoimattoman hyperkapnian seurauksena syntyvä respiratorinen asidoosi on vaarallinen ja nopeaa hoitoa vaativa tilanne, koska se häiritsee solujen normaalia aineenvaihduntaa ja aivosolujen aineenvaihdunnan häiriintyessä saattaa johtaa tajuttomuuteen (Guyton ja Hall 2006). Tajuttomuus puolestaan voi johtaa avoimen hengitystien menettämiseen ja hengitysfunktion häiriintymiseen ja edelleen jopa kuolemaan. Traumaattisissa aivovammoissa hyperkapnia on erityisen haitallinen sen aivopainetta nostavan vaikutuksen vuoksi ja vaatii nopeaa korjaamista sekundaaristen aivovaurioiden välttämiseksi.

### 2.1.3 Hapenpuutteen ja hyperkapnian mekanismit

Yksikertaisesti esitettynä hypoksiassa tai anoksiassa on kyse joko liian vähäisestä hapen kulusta elimistöön tai sen saatavuuteen nähden liian suuresta kulutuksesta, kun taas hyperkapniassa tilanne on päinvastainen: hiilidioksidia joko kulkeutuu hengitysteiden kautta liikaa elimistöön tai sitä syntyy elimistössä enemmän kuin elimistö kykenee sitä

poistamaan. Hypoksia, anoksia, iskemio ja hyperkapnia voivat kuitenkin syntyä monella eri mekanismilla ja usean eri sairauden, vamman tai tapaturman aiheuttamana.

Hyperkapnian tavallisia syitä ovat esimerkiksi keuhkokuumeen, vaikean keuhkohtaumataudin tai keuhkofibroosin aiheuttama hengitysvajaus tai vierasesineen tukkima hengitystie, joissa elimistössä syntynyt hiilidioksidi ei pääse poistumaan hengityksen mukana. Toisaalta esimerkiksi runsaasti hiilidioksidia sisältävän ilman hengittäminen (suljettu tila) tai elimistön oman hiilidioksidituotannon pitkäkestoinen suurentuminen voivat myös aiheuttaa hyperkapniaa.

Hapenpuute voi elimistössä olla joko paikallista tai koko kehoa koskevaa, eli globaalia. Paikallinen hapenpuute voi syntyä valtimon tukkivasta veritulpasta, jolloin kudokset kärsii iskeemisestä hapen puutteesta. Globaali hapenpuute voi olla seurausta vaikkapa tajuttomuuden aiheuttamasta ylähengitysteiden tukkeutumisesta, jolloin hyvinkin yksinkertaisilla hengitystien avaamisen ja varmistamisen toimilla voidaan tilanne saada korjattua. Hapenpuute voi myös aiheutua useasta samanaikaisesta syystä, kuten on esimerkiksi sydänpysähdyksessä: verenkierron pysähtyminen aiheuttaa aivoiskemian ja tajuttomuuden, jonka seurauksena myös hengitystoiminta ja edelleen valtimoveren happeutuminen pysähtyvät. Tällaisessa tilanteessa elimistön hapenpuutteen korjaaminen vaatii sekä verenkierron että keuhkotuuletuksen uudelleen käynnistämistä, joihin molempiin pyritään tehokkaalla elvytyksellä.

#### 2.1.4 Aspiraatio

Ihmisen nielussa toimivat suojaheijasteet, joiden tarkoituksena on estää kiinteiden tai nestemäisten aineiden joutuminen hengitysteihin. Tajunnan alentuessa nämä nielun suojaheijasteet kuitenkin vaimenevat, jolloin hengitysteihin saattaa päästä sinne kuulumatonta ainesta, kuten verta, oksennusta tai muuta nielun sisältöä, joko passiivisesti nielusta valumalla tai henkeen vetämisen eli aspiraation seurauksena. Aspiraation vaara on erityisen suuri painelu-puhalluselvytyksen yhteydessä, vammapotilailla, intoksikaatioissa ja kaikilla tajuttomilla potilailla. Näillä potilailla mahan sisällön nousu ruokatorveen ja ylemmäs nieluun eli regurgitaatio altistaa aspiraatiolle. Nestemäisen tai kiinteän materiaalin aspiraatio keuhkoihin aiheuttaa häiriön keuhkotuuletukseen, joko suoraan

hengitysteitä tukkimalla tai sekundaarisesti aiheuttaessaan keuhkokudoksessa vaikeita inflammaatio- ja infektioreaktioita. Avoimen hengitystien varmistaminen sellaisella välineellä, joka eristää kurkunpään ylemmistä nielun rakenteista, vähentää aspiraation vaaraa.

#### 2.1.5 Hengitystien varmistamisen merkitys

Edellä esitettyjen tilanteiden lisäksi on paljon lääketieteellisiä hätätilanteita, joiden hoitamiseksi saatetaan tarvita hengitystien varmistamista ja joissa se on potilaan hengen pelastava toimenpide. Siksi on äärimmäisen tärkeää, että jokainen näitä tilanteita mahdollisesti työssään kohtaava lääkäri osaisi varmistaa potilaan hengitystien avoimuuden jollakin siihen soveltuvista välineistä. Hengitystien varmistaminen ei kuitenkaan ole helppoa, ja sen toteuttamiseen liittyy useita, mahdollisesti hengenvaarallisia komplikaatioita.

Ei ole olemassa tutkittua tietoa siitä, kuinka useasti suomalaiset lääkärit keskimäärin joutuvat työssään varmistamaan potilaan hengitystien, mutta ensihoitajien suorittaman hengitystien varmistamisen yleisyyttä selvittäneiden tutkimusten perusteella voidaan sen päätellä olevan hyvinkin harvinaista. Pohjois-Suomessa työskentelevien ensihoitajien suorittaman hengitystien varmistamisen yleisyyttä selvittäneen kyselytutkimuksen perusteella ensihoitajat olivat intuboineet keskimäärin vain kaksi kertaa edeltävän vuoden aikana. Saman tutkimuksen mukaan ensihoitajat olivat käyttäneet supraglottista hengitystien varmistusvälinettä keskimäärin vain yhden kerran edeltäneen vuoden aikana (Raatinieniemi ym. 2013).

Myös ulkomaisissa tutkimuksissa on ensihoitajien suorittaman hengitystien varmistamisen havaittu olevan yhtä harvinaista: sekä Deakinin ym. (2009) että Wangin ym. (2005a) tutkimuksissa suoritettujen intubaatioiden mediaanimäärä oli yksi vuodessa ja supraglottisten hengitystien varmistusvälineiden käyttö vielä sitäkin harvinaisempaa. Hengitystien varmistamisvälineitä on tarjolla lukuisia erilaisia ja niiden käytön oppiminen ja käyttötaidon ylläpitäminen saattaa olla hyvinkin haastavaa. Toisaalta hengitystien varmistamista tarvitsevan potilaan kannalta eri hengitystien varmistamisvälineiden ominaisuudet poikkeavat vain vähän toisistaan, joten jo yhdenkin tällaisen välineen käytön osaaminen on useimmiten riittävää.

## 2.2 Hengitystien varmistamista vaativat tilanteet

Hengitystien varmistamista tarvitaan ensihoidossa, erilaisissa päivystyspisteissä ja anestesiologisessa sekä tehohoitotyössä. Se, kuinka usein lääkäri joutuu näitä tilanteita kohtaamaan, riippuu paikasta missä hän työskentelee. Hengitystien varmistamista vaativien tilanteiden yleisyyttä selvittäneiden ulkomaisten tutkimusten perusteella voidaan päätellä tarpeen vaihtelevan noin 0,2–1 %:n välillä kaikista sairaalan päivystyspoliklinikalle tuoduista potilaista (Shahridan ym. 2010, Wong ym. 2004, Sackles ym. 1998). Esimerkiksi Shahridanin ym. tutkimuksessa seurattiin malesialaisen yliopistosairaalan päivystyspoliklinikalla hoidetuille potilaille (n = 70 356) suoritettuja intubaatioita (n = 302) vuoden ajalta. Yleisimmät intubaatioon johtaneet syyt tässä tutkimuksessa olivat sydänpysähdys (35,5 %), päähän kohdistunut vamma (18,4 %), hengitysvajaus (15,4 %), monivamma (9,6 %) ja aivoverenkierron häiriö (7,0 %) (Shahridan ym. 2010). Nämä tutkimukset on tehty suurten sairaaloiden päivystyspoliklinikoiden potilaskäynneistä, joissa on ympärivuorokautinen anestesiologi- tai ensihoitolääkärijohtoinen päivystys. Myös Suomessa suurin osa hengitystien varmistamista vaativista potilaista kuljetetaan suoraan sairaaloihin, joissa on anestesiologipäivystys. Näiltä osin voidaan tilastojen olettaa vastaavan melko hyvin myös suomalaisten keskus- tai yliopistosairaaloiden päivystyspoliklinikoiden hengitystien varmistamisen frekvenssiä. Toisaalta tilastot ovat todennäköisesti huonommin sovellettavissa pienten aluesairaaloiden tai terveyskeskusten ensiapupoliklinikoille, joihin tuodaan todennäköisesti huomattavasti harvemmin hengitystien varmistamista tarvitsevia potilaita. Kuitenkin myös tällaisissa pienissäkin päivystyspisteissä voidaan Suomessa toisinaan joutua hoitamaan hengitystien varmistamista vaativia tilanteita.

### 2.2.1 Sydänpysähdys ja elvytys

Sydänpysähdys romahduttaa kehon verenkierron hetkessä ja aiheuttaa elottomuuden. Sen seurauksena kudokset alkavat kärsiä iskeemisestä hapenpuutteesta ja kuolla. Yksilön elossa selviämisen kannalta tärkeimmät kudokset, kuten aivokudos, alkavat tuhoutua jo parin minuutin kuluessa iskemian alkamisesta. Sydänpysähdysten hoitaminen vaatii välitöntä elvytyksen aloittamista.

### 2.2.1.1 Yleistä elvytyksestä

Elvytyksellä eli resuskitaatiolla tarkoitetaan peruselintoimintojen eli hengityksen ja verenkierron keinotekoisia ylläpitämistä tilanteissa, joissa ne muutoin olisivat riittämättömät pitämään potilaan hengissä. Elvytyksellä pyritään ensisijaisesti turvaamaan elämän jatkumisen kannalta elintärkeiden kudosten – erityisesti aivojen ja sydämen – jatkuva hapen saanti ja toisaalta niihin muutoin kertyvien haitallisten aineenvaihduntatuotteiden poistaminen. Useimmiten elvytyksestä puhuttaessa tarkoitetaan painelu-puhalluselvytystä (PPE), jossa pyritään rintakehää rytmisesti painelemalla ja suun kautta tekohengitystä antamalla palauttamaan elvytettävän potilaan verenkierto ja keuhkotuuletus riittävälle tasolle merkittävien kudostuhojen synnyn estämiseksi. PPE-D:llä tarkoitetaan painelu-puhalluselvytystä, jossa käytettävissä on myös defibrillaattori. Defibrillaattorilla voidaan pyrkiä palauttamaan sydämen normaali rytmi ja spontaani verenkierto tilanteissa, joissa sydänpysähdys on aiheutunut kammiovärinästä tai pulssittomasta kammiotakykardiasta. Hoitoelvytyksestä puhuttaessa tarkoitetaan peruselvytystä, jonka apuna käytetään lisäksi elvytykseen tarkoitettuja lääkkeitä. Elvytyksellä voidaan lisäksi tarkoittaa neste-elvytystä, jossa hypovolemisesta sokista kärsivän potilaan verenkierto pyritään turvaamaan suonensisäisesti annosteltavalla nestehoidolla.

Elvytys on yksi yleisimmistä hengitystien varmistamista vaativista tilanteista akuuttilääketieteessä (Sackles ym. 1998, Shahridan ym. 2010). Elvytystä vaativat tilanteet myös tapahtuvat usein yllättäen ja vaativat välittömiä hoitotoimia, hengitystien varmistaminen mukaan luettuna, potilaan pelastamiseksi. Näistä syistä elvytyksen aikainen hengitystien varmistaminen on nykyisten suositusten vaatima taito, jonka osaamiseen tulisi opetuksessa kiinnittää huomiota. Toisaalta elvytystilanteet asettavat suuria haasteita myös käytettäville hengitystien varmistusvälineille, joiden tulisi olla nopea- ja helppokäyttöisiä sekä turvallisia ja tehokkaita.

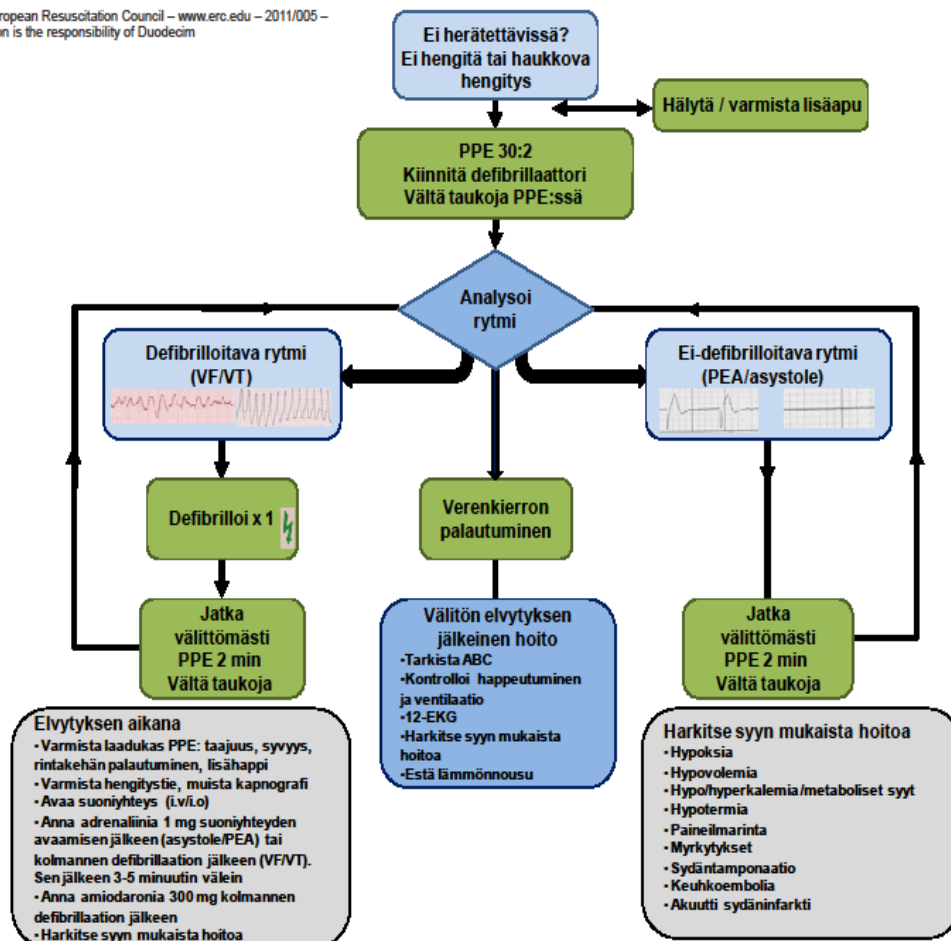
### 2.2.1.2 Elvytystilanteet

Mahdollisia tilanteita, jotka voivat aiheuttaa sydänpysähdyksen, on useita. Aikuisten yleisimmät sydänpysähdyksen syyt ovat sydänperäisiä eli primaarisia sydämen rytmihäiriöitä, jotka aiheutuvat potilaalla jo olemassa olevasta sydänsairaudesta (Nichol ym. 2008). Tavallisimmat sydänpysähdyksen aiheuttavat rytmihäiriöt ovat kammiovärinä ja kammiotakykardia (Raatikainen ja Mäkynen 2014). Lapsilla sen sijaan arviolta vain noin 10 %:ssa primaaristi sydänperäiset syyt ovat sydänpysähdyksen taustalla, ja sydänpysähdys aiheutuu useimmiten joko hengitysvajauksen tai sokin seurauksena (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2011, Samson ym. 2006). Nämä merkittävät erot sydänpysähdysten etiologiassa ovat tärkein syy erilaisiin elvytyssuosituksiin aikuisilla ja lapsilla. Äkillisten primaaristen rytmihäiriöiden ohella mahdollisia sydänpysähdyksen aiheuttavia syitä voivat olla elektrolyyttihäiriöt, myrkytykset, hypotermia, keuhkoembolia, paineilmarinta, sydämen tamponaatio, massiivinen verenvuoto sekä vaikea hapenpuute esimerkiksi tukehtumisen, kuristumisen tai hukkumisen seurauksena. Myös äärimmäinen bradykardia voi romahduttaa verenkierron ja aiheuttaa elvytystilanteen.

### 2.2.1.3 Nykyiset elvytys-suositukset

Suomessa käytössä oleva elvytyksen hoitosuositus (ks. kuvio 1) pohjautuu kansainväliseen, vuonna 2010 julkaistuun, 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 -suositukseen (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2011). Tämä hoitosuositus uudistetaan viiden vuoden välein.

Copyright European Resuscitation Council – www.erc.edu – 2011/005 –  
The translation is the responsibility of Duodecim



KUVIO 1. Aikuisten hoitoelvytyksen kaavio (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2011 (viitattu 30.1.2015), [www.käypähoito.fi](http://www.käypähoito.fi))

Elvytys-suositukset korostavat mahdollisimman nopean peruselvytyksen aloittamista ja mahdollisimman keskeytyksettömän rintakehän painelun tärkeyttä. Nykyisten suositusten mukaan optimaalisiin rintakehän painelun ja suusta suuhun puhallusten/maskiventilaation suhde on 30:2 aikaisemman 15:2 sijasta. Tämä muutos suosituksissa perustuu tutkimushavaintoihin, joissa jatkuvan rintakehän painelun (osassa tutkimuksista jopa täysin ilman puhallus- tai ventilaatiotaukoja) on havaittu olevan yhteydessä elvytettävien potilaiden parempaan selviytymiseen. Täysin keskeytyksettömän, vain rintakehän paineluun keskittyvän elvytyksen positiiviset vaikutukset selviytymiseen on havaittu

erityisesti äkillisissä primaaristi sydänperäisissä sydänpysähdyksissä (Cunningham ym. 2012, Iwami ym. 2012, Hüpfl ym. 2010, Ewy ja Kern 2009, SOS-KANTO study group 2007, Hallstrom ym. 2000,). Jos rintakehän painelu pysähtyy, romahtaa myös perfuusiopaine aivoissa ja sydämessä. Hyvälläkin paineluelvytyksellä perfuusiopaineen aikaansaaminen uudelleen kestää jopa 1–2 minuuttia. Nykyisen elvytys-suosituksen mukaisesti painelutauon pituuden pitäisi kestää alle 10 sekuntia.

Alle murrosikäisille lapsille suositellaan edelleen painelu-puhallussuhdetta 15:2. Tiheämpi ventilaatiosuositus johtuu siitä, että hengityspysähdys on tämän ikäryhmän tavallisin sydänpysähdysten syy.

#### 2.2.1.4 Elvytyksen aikainen hengitystien varmistaminen

Elvytyksen Käypä hoito -suositus suosittelee elvytettävän potilaan hengitystien varmistamista jo varhain elvytyksen alkaessa, joko endotrakeaalisella intubaatiolla tai vaihtoehtoisesti supraglottisella hengitystien varmistamisvälineellä, kuten kurkunpääputkella tai kurkunpäänaamarilla. Suuren epäonnistumisriskin vuoksi intubaation suorittaminen suositellaan jätettäväksi henkilöille, joilla on toimenpiteestä runsaasti kokemusta. Muiden suositellaan käyttävän ensisijaisesti vaihtoehtoisia hengitystien varmistamisvälineitä. Maallikkoelvytyksessä hengitystie suositellaan avaamaan kääntämällä elvytettävän potilaan leukaa ylöspäin, ja keuhkotuuletus pyritään turvaamaan suusta suuhun puhalluksin. Varsinainen hengitystien varmistaminen jätetään vain terveydenhuollon ammattilaisten tehtäväksi. Hengitystien varmistaminen elvytystilanteessa mahdollistaa potilaan jatkuvan ventilaation ilman paineluelvytykseen aiheutuvia katkoksia.

Hengitystien varmistamiseen liittyy kuitenkin ongelmia, joiden vuoksi sen tarvetta on viime vuosina alettu kyseenalaistamaan etenkin elvytyksen varhaisissa vaiheissa. Suurin ongelma on hengitystien varmistamiseen kuluva aika, joka voi estää samanaikaisen keskeytyksettömän paineluelvytyksen. Wangin ym. vuosina 2006–2007 Yhdysvalloissa tekemässä tutkimuksessa selvitettiin ensihoitajien suorittamasta intubaatiosta aiheutuvaa paineluelvytyksen keskeytymistä ja havaittiin sen olevan keskimäärin lähes kaksi minuuttia (Wang ym. 2009). Gruberin ym. sekä Ruetzlerin ym. tutkimuksissa, joissa simuloitiin



elvytystilannetta elvytysnukeilla, intubaatiosta aiheutunut paineluelvytyksen keskeytyminen hengitystien varmistamisen suhteen kokemattomilla ensihoitajilla oli keskimäärin noin 50 sekuntia, mutta supraglottisilla hengitystien varmistusvälineillä painelu keskeytyi keskimäärin noin kymmeneksi sekunniksi (Gruber ym. 2013, Ruetzler ym. 2011). Kurolan ym. tutkimuksessa, jossa niin ikään simuloitiin elvytystilannetta elvytysnukella, ensihoitajaopiskelijoilta kesti intubaatiota suoritettaessa keskimäärin 95 sekuntia ennen kuin ventilaatio saatiin aloitettua (Kurola ym. 2004).

Nämä tutkimushavainnot osoittavat intubaatiosta aiheutuvan usein huomattavan pitkiä keskeytyksiä paineluelvytykseen. Näin pitkät tauot painelussa ovat täysin vastoin ajankohtaisia elvytys suosituksia, joissa korostetaan mahdollisimman jatkuvan paineluelvytyksen tärkeyttä ja esitetään, että paineluelvytyksen keskeytyksissä tulisi pyrkiä enimmillään alle 10 sekunnin keston (Deakin ym. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010). Jo hyvin lyhyetkin tauot paineluelvytyksen aikana romahduttavat nopeasti painelemalla saavutetun verenpaineen ja saattavat jopa täysin eliminoida tekohengityksellä aikaansaadun veren paremman happeutumisen mukanaan tuoman teoreettisen hyödyn (Berg ym. 2001). Samojen perusteiden vuoksi myös maski-paljeventilaation ja maallikoiden antaman suusta suuhun puhaltamisen merkitystä elvytystilanteessa on alettu kyseenalaistamaan. Useiden tutkimusten perusteella pelkällä paineluelvytyksellä voidaan äkilliseen sydänpysähdykseen sairastuneiden potilaiden kohdalla saavuttaa perinteiseen painelu-puhallus elvytykseen verrattuna yhtä hyvä tai jopa parempi hengissä selviytymisen todennäköisyys (Cunningham ym. 2012, Iwami ym. 2012, Hüpfl ym. 2010, Ewy ym. 2009, SOS-KANTO study group 2007, Hallstrom ym. 2000).

Heti sydänpysähdyksen jälkeen on verenkierrossa varastossa olevaa happea riittävän kudosten happeutumisen takaamiseksi jopa noin 4–10 minuutin ajaksi (Berg ym. 1997, Berg ym. 1993). Useissa eläinkokeissa on havaittu, että paineluelvytyksen aiheuttama rintaontelonsisäinen paineen vaihtelu saa aikaan passiivisen ilmavirtauksen hengitysteissä, mikä aikaansaa keuhkotuuletusta ja veren happeutumista keuhkorakkuloissa (Noc ym. 1999, Berg ym. 1997, Berg ym. 1995). Äkilliseen elottomuuteen liittyy myös yli 50 %:ssa tapauksista haukkovia hengitysliikkeitä, joita kutsutaan agonaalisiksi hengitysliikkeiksi. Ne saavat aikaan keuhkotuuletusta ja ovat yhteydessä parempaan hengissä selviämisen ennusteeseen (Clark ym. 1992).

Hengitystien varmistamisen jälkeiseen keinotekoiseen ventilaatioon liittyy riski hyperventilaatiosta ja liian suurista kertatilavuuksista ja niistä aiheutuvasta rintakehän sisäisen paineen noususta. Rintakehän sisäinen paineen nousu elvytystilanteessa on haitallista, koska se vähentää laskimoveren paluuta sydämeen ja heikentää sydämen minuuttivirtausta (Bobrow ja Ewy 2009).

### 2.2.2 Trauma

Fyysinen vammautuminen voi uhata avointa hengitystietä monella eri tavalla. Tavallisin syy vamman jälkeiseen hengitystien varmistamiseen on päävamman seurauksena alentunut tajunnantaso. Alentunut tajunnantaso voi uhata hengitystien avoimuutta ja riittävää ventilaatofunktiota sekä altistaa mahansisällön aspiraatiolle. Yleisesti ottaen hengitystien varmistamista suositellaan useimmiten potilaille, joiden tajunnantaso on Glasgow Coma Scale -asteikolla (GCS) mitattuna alle 8–9 (Pöyhiä 2013, Mäkijärvi ym. 2011, Williams ym. 2008). Tutkimusten mukaan jo lyhytkestoinenkin hypoksemia heikentää hengissä selviämisen ja neurologisen toipumisen mahdollisuuksia potilailla, joiden tajunnantaso on alentunut päähän kohdistuneen vamman seurauksena (Stocchetti ym. 1996, Chestnut ym. 1993).

Tutkimusnäyttö aivovammapotilaiden varhaisen vaiheen hengitystien turvaamisen ja etenkin endotrakeaalisen intubaation hyödyllisyydestä on kuitenkin ristiriitaista. Osassa tutkimuksista varhaisen, ennen potilaan sairaalaan siirtämistä toteutetun hengitystien varmistamisen on havaittu olevan yhteydessä parempaan selviytymiseen (Davis ym. 2005), mutta useissa viime vuosina julkaistuissa tutkimuksissa varhaisen hengitystien varmistamisen roolia on kuitenkin kyseenalaistettu, koska sen on havaittu olevan yhteydessä lisääntyneeseen kuolleisuuteen (Davis DP. 2008, Wang ym. 2004, Eckstein ym. 2000, Murray ym. 2000). Intubaatioon liittyneen huonomman selviämisen nusteen on ajateltu voivan johtua intubaation jälkeisestä hyperventilaatiosta, jolla on useita fysiologisesti epäedullisia vaikutuksia (Davis ym. 2008). Nämä ongelmat saattaisivat olla korjattavissa parempia ventilaatitaitoja opettavalla koulutuksella ja hyperventilaatiota ehkäisevillä teknisillä ratkaisuilla.

Toisin kuin elvytettävillä sydänpysähdyspotilailla, eivät nielun heijasteet aivovammapotilailla ole välttämättä sammuneet, ja siksi ne voivat hankaloittaa hengitystien varmistamista. Laryngoskopia ja hengitystien varmistusvälineen työntäminen nieluun saattavat nielurefleksia ärsyttäessään laukaista nieluspasmin eli pitkittyneen nielulihasten kouristuksen. Nieluspasmi vaikeuttaa intubaatiota ja altistaa aspiraatiolle. Nielurefleksin laukeaminen ja laryngoskopia nostavat kallonsisäistä painetta, mikä voi olla haitallista aivovammapotilaille (Perkins ym. 2013, Murray ym. 2000). Nielurefleksin vaimentamiseksi ja intubaation helpottamiseksi käytetäänkin niin sanottua Rapid Sequence Intubation (RSI) -tekniikkaa, jossa potilaalle annostellaan ennen intubaatiota suonensisäisesti analgeettia, anesteettia ja lihasrelaksanttia. RSI-tekniikka on kuvailtu tarkemmin intubaatiota käsittelevässä luvussa 2.3.4.2.

Vammautuminen voi uhata hengitysteiden avoimuutta tai hengitystoimintoja myös kohdistuessaan kasvojen, kaulan tai rintakehän alueelle. Vamma vaurioittaa hengitysteiden normaalia avointa anatomiaa tai hengitysmekaniikasta vastaavia rakenteita. Myös selkäytimen alueelle kohdistunut vamma voi vakavasti vaarantaa hengitystoiminnan katkaistessaan selkäytimen hermotuksen tai vaurioittaessaan palleahermoja. Tällaisissa tilanteissa hengitystien varmistaminen on myös tarpeen. Myös mihin tahansa muuhunkin ruumiin osaan kohdistunut vamma saattaa sekundaarisesti aiheuttaa hengitystien varmistamisen tarpeen johtaessaan tajuttomuuteen tai elottomuuteen merkittävän verenvuodon seurauksena.

Hengitysteiden palovammat aiheutuvat useimmiten kuumien palokaasujen hengittämistä tilanteissa, joissa henkilö on jäänyt palavan rakennuksen sisälle. Palaneet hengitystiet turpoavat herkästi, mutta tämä saattaa tapahtua huomattavalla viiveellä. Tällöin on usein aikaa siirtää potilas hoitopaikkaan, jossa hänet voidaan turvallisesti intuboida hyvissä ajoin ennen vaikeiden oireiden ilmaantumista. Tajuton palovammapotilas on tavallisimmin saanut palokaasu- ja häämyrkytyksen ja vaatii välitöntä hengitystien varmistamista.

### 2.2.3 Intoksikaatiot

Erilaisten päihdyttävien aineiden yliannostukset voivat aiheuttaa hengitystien varmistamisen tarpeen. Esimerkiksi Sacklesin ym. tutkimuksessa kalifornialaisen sairaalan

ensiapupoliklinikalla intuboiduista potilaista jopa 10 %:lla ensisijainen syy hengitystien varmistamiseen oli akuutti päihtymys (Sackles ym. 1998). Suomessa akuutti alkoholimyrkytys on yleisin myrkytyskuoleman syy. Se aiheuttaa noin 500 vuosittaista kuolemaa (Juntunen J. 2011, Vuori ym. 2009). Vaikeassa alkoholimyrkytyksessä riittävä hengitystoiminta on vaarantunut alkoholin lamauttaessa aivojen hengityskeskusta. Alkoholimyrkytykseen liittyvä oksentelu voi aiheuttaa vakavan aspiraatoriskin tajunnantason ollessa alentunut. Vaikeasta alkoholimyrkytyksestä kärsivän potilaan vitaalielintoimintoja onkin seurattava tarkkaan ja hengitystien varmistamista on syytä harkita, mikäli tajunnan alenema tai aspiraatoriski arvioidaan merkittäviksi. Huumausaineiksi luokitelluista päihteistä muun muassa opioidit lamaavat aivojen hengityskeskusta ja aiheuttavat hengityslamaa. Akuutti opioidimyrkytys voidaan useimmiten hoitaa suonensisäisesti annosteltavalla opioidiantagonisti naloksonilla, jolloin hengityslama korjaantuu. Etenkin sekamyrkytyksissä saatetaan tarvita hengitystien varmistamista ja mekaanista ventilaatiota.

#### 2.2.4 Aivoverenkierron häiriöt

Tajunnantason aleneminen aivoverenkierron häiriön yhteydessä on tavallista. Aivoverenkierron häiriö saattaa kohdistua aivorungon hengityskeskukseen tai aivojen hengityslihaksia sääteleville alueille, jolloin avoimen hengitystien varmistaminen ja hengityksen mekaaninen tukeminen saattavat olla tarpeen. Saksalaisessa Leipzigin yliopistollisessa sairaalassa tehdyssä tutkimuksessa, jossa oli mukana 218 aivoinfarktin sairastanutta potilasta, 24 % potilaista tarvitsi mekaanista ventilaatiota (Berrouschoy ym. 2000). Aivoinfarktin aiheuttama mekaanisen ventilaation tarve näyttäisi olevan huonon ennusteen merkki; useamman seurantatutkimuksen perusteella vain noin 20–30 % hengityslaittehoitoa saaneista potilaista on hengissä vuoden kuluttua aivoinfarktista, kun taas kaikista aivoinfarktin sairastaneista vastaava luku on noin 60 % (Brönnum-Hansen ym. 2001, Berrouschoy ym. 2000, Santoli ym. 2000, Steiner ym. 1997).

### 2.2.5 Hengitysvajaus

Hengitysvajauksella tarkoitetaan tilannetta, jossa mekaaninen hengitystyö tai kaasujen vaihtuminen hengitysteiden ja verenkierron välillä on häiriintynyt ja aiheuttaa häiriöitä elimistön normaaliin homeostaasiin. Akuutti hengitysvajaus vaatii välitöntä hoitoa. Hengitysvajaus jaotellaan usein kolmeen eri tyyppiin sen mukaan, millä tasolla primaarihäiriö on. Ventilaatiovajauksessa ei tapahdu riittävää alveoliventilaatiota esimerkiksi hengitysmekaniikan häiriön, hengitystie-esteen, riittämättömän kertatilavuuden tai matalan hengitystaajuuden vuoksi. Kaasujenvaihdon häiriö syntyy alveolitasolla, kun riittävää veren happeutumista ei pääse tapahtumaan. Hengitystyön lisääntyminen voi olla seurausta jommastakummasta edellä mainitusta, mutta voidaan myös luokitella erilliseksi hengitysvajauksen alatyypiksi. Akuutissa hengitysvajauksessa on useimmiten havaittavissa piirteitä kaikista edellä mainituista.

Mikäli akuuttia hengitysvajasta ei saada pikaisesti hoidettua, saatetaan tarvita hengitystien varmistamista ja mekaanista ventilaatiota. Hengitystien varmistamisen indikaatioina akuutissa hengitysvajauksessa voidaan pitää alentuvaa tajunnantasoja, hengityspysähdystä, kriittisesti lisääntyntä hengitystyötä sekä huonoa hoitovastetta muihin hoitokeinoihin. Supraglottisten hengitystien varmistusvälineiden käyttökelpoisuudesta akuutissa hengitysvajauksessa ei ole juurikaan tutkimustietoa saatavilla, mikä lieneekin syynä siihen, ettei niiden käyttöä koskevaa ohjeistusta löydy myöskään akuutin hengitysvajauksen hoitosuosituksista. Yksittäisten tapauselostusten perusteella kurkunpäänaamaria on kuitenkin onnistuneesti käytetty akuutissa hengitysvajauksessa ennen intubaatiota (Campbell ja Michalek 2009).

Hengitysteiden limakalvon vaikea turpoaminen anafylaksian tai angioödeeman seurauksena on erityinen esimerkki hengitystien tukkivasta ja ventilaatiovajaukseen mahdollisesti johtavasta tilanteesta. On tärkeää osata ennakoida tällaiset tilanteet ja varmistaa hengitystie riittävän varhaisessa vaiheessa. Mikäli tilannetta ei muutoin saada korjaantumaan, eivätkä hengitystien varmistamisen menetelmät onnistu, on suoritettava välitön hätäkrikotyreotomia eli koniotomia. Hengitystien kirurgista hätäavausta saatetaan tarvita myös ylähengitysteihin joutuneen vierasesineen tukkiessa hengitystiet, mikäli intubaatioputkella tai supraglottisilla hengitystien varmistuskeinoilla ei ilmaa saada kulkeutumaan vierasesineen ohitse.

### 2.3. Hengitystien varmistamisen eri menetelmistä

Koska hengitystien varmistamista vaativat tilanteet tulevat vastaan usein äkillisesti ja yllättäen, tulisi käytetyn välineen olla nopeakäyttöinen, turvallinen ja helppo asettaa. Välineen pitäisi mahdollistaa riittävän suurten hengitysilman kertatilavuuksien toimittaminen hengitysteihin ja positiivisen hengitystiepaineen käytön sekä mahdollistaa ulohengitysilman esteetön poistuminen. Välineen tulisi estää hengitysilmaa ohjautumasta mahalaukkuun. Sen olisi myös hyvä estää mahalaukusta nieluun mahdollisesti nousevien nesteiden tai esimerkiksi nenänielusta kurkunpään valuvan veren pääsy henkitorveen ja mahdollistaa ylimääräisten nesteiden imeminen pois nielusta. Hyvältä hengitystien varmistusvälineeltä vaadittavia ominaisuuksia on listattu taulukkoon 1.

**TAULUKKO 1.** Hyvältä hengitystien varmistusvälineeltä vaadittavia ominaisuuksia

Hyvältä hengitystien varmistusvälineeltä vaadittavia ominaisuuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helppo ja nopea asettaa</li> <li>• Mahdollistaa positiivisen ilmatiepaineen käytön ja riittävän suuret kertatilavuudet</li> <li>• Suojaa aspiraatiolta</li> <li>• Mahdollistaa eritteiden imen nielusta</li> <li>• Estää ilman ohjautumisen mahalaukkuun</li> <li>• Turvallinen käyttää (ei vaurioita kudoksia, ei aiheuta vakavia komplikaatioita)</li> </ul>

Perinteisesti käytetyin hengitystien varmistusmenetelmä, eräänlainen kultainen standardi, on ollut endotrakeaalinen intubaatio, joka on ollut käytössä jo toistasataa vuotta. Intubaation kunnollinen oppiminen ja intubaatiotaitojen ylläpitäminen on kuitenkin hankalaa, mistä johtuen intubaatioon liittyy etenkin kokemattomissa käsissä merkittäviä komplikaatoriskejä. Hengitystien varmistamisen helpottamiseksi onkin muutaman viime vuosikymmenen aikana pyritty kehittämään helpompia ja turvallisempia vaihtoehtoja, joista suurin osa on niin sanottuja supraglottisia eli äänihuulten yläpuolelle asetettavia hengitystien varmistusmenetelmiä.

### 2.3.1 Maski-paljeventilaatio

Maski-paljeventilaatio (engl. bag-valve mask ventilation) on ei-kajoava hengityksen hallintamenetelmä, jossa riittävä kaasujen vaihtuminen pyritään turvaamaan paljetta puristaen aiheutetulla ilmavirtauksella. Itsessään sitä ei voida pitää varsinaisena hengitystien varmistamismenetelmänä, koska siinä ei luoda hengitysteitä avoimina pitävää keinotekoista hengitystietä. Nykyaikainen maski-paljeventilaation välineistö koostuu itsetäyttyvästä säiliöstä eli palkeesta, sen päässä olevasta venttiilistä, joka sallii ilmavirran kulun vain yhteen suuntaan, sekä venttiilin päähän liittyvästä maskiosasta (kuva 1). Lisäksi useimmissa malleissa on mukana myös happivaraajapussi, joka mahdollistaa ventilaation runsashappisella hengitysilmalla. Samaa paljetta voidaan myös käyttää ilman maskiosaa, kun potilaan hengitystie on varmistettu. Tällöin venttiili kytketään kiinni käytössä olevaan hengitystien varmistusvälineeseen.



KUVA 1. Maski-paljeventilaattorin välineistöä (Kurola 2006)

Maski-paljeventilaation onnistunut toteuttaminen vaatii harjoittelua. Tajuttoman potilaan hengitystie on pidettävä avoimena nostamalla potilaan leukaa joko leuan kärjestä ns. chin lift -tekniikalla ja kääntämällä potilaan koko päätä fleksioon tai nostamalla leukakulmista

ns. jaw thrust -otteella (kuvat 2 ja 3). Jälkimmäistä tekniikkaa suositellaan käytettäväksi erityisesti silloin, kun elvytettävän potilaan kaularangan murtumaa ei ole voitu poissulkea. Toisaalta onnistunut ventilaatio vaatii myös, että maski saadaan asettumaan tiiviisti potilaan kasvoille ja että hengitysilmaa annostellaan juuri sopivalla taajuudella siten, että myös uloshengitysvaiheeseen jää riittävästi aikaa.

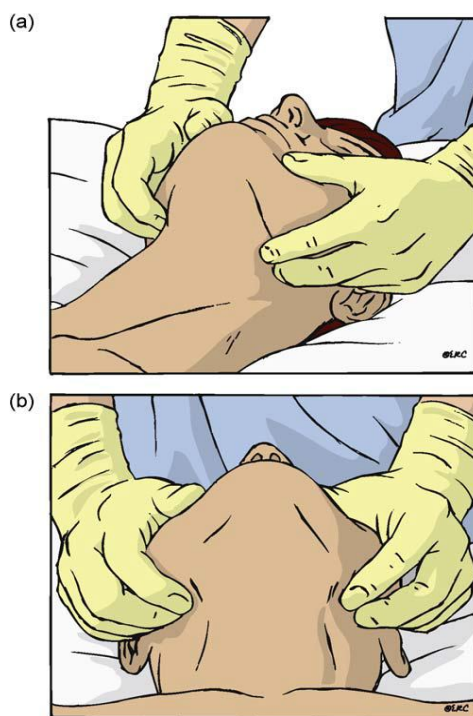
Maski-paljeventilaatiota voidaan toteuttaa joko yhden tai kahden henkilön toimesta (kuva 4). Yksin toteutettuna ongelmaksi saattaa muodostua riittävän ilmatiiviin liitoksen aikaansaaminen maskin ja potilaan kasvojen välille. Kahden henkilön toteuttamana voi toinen henkilö käyttää molempia käsiään asettaakseen maskin mahdollisimman tiiviisti potilaan kasvoille, jolloin saadaan varmemmin aikaan riittävän tiivis liitos. Etenkin kokemattomien henkilöiden tulisikin pyrkiä toteuttamaan maski-paljeventilaatiota mieluummin kahden kuin yhden henkilön voimin (Russo ym. 2013, Wheatley ym. 1997).



© Elvytys Käypä hoito -työryhmä

KUVA 2. Chin lift -tekniikka. (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2011 [viitattu 30.1.2015]. [www.käypähoito.fi](http://www.käypähoito.fi))





KUVA 3. Jaw thrust -tekniikka. (Adult advanced life support: European resuscitation council guidelines, 2011 [viitattu 30.1.2015]. [www.erc.edu](http://www.erc.edu))



KUVA 4. Maski-paljeventilaatio kahden henkilön suorittamana. (Adult advanced life support: European resuscitation council guidelines, 2011 [viitattu 30.1.2015]. [www.erc.edu](http://www.erc.edu))

Maski-paljeventilaatioon liittyy oikeinkin toteutettuna myös komplikaatioiden riskejä. Näistä yleisin on ilmapirtauksen ohjautuminen elvytettävän mahalaukkuun, minkä

seurauksena mahalaukku täyttyy ilmalla ja voi ääritapauksissa jopa revetä (Smally ym. 2002). Toisaalta mahalaukun täyttyminen ilmalla altistaa regurgitaatiolle eli mahansisällön nousemiselle takaisin ruokatorveen ja nieluun, minkä seurauksena mahansisällön aspiraation ja siitä aiheutuvan aspiraatiopneumonian riskit kasvavat (Lawes ym. 1987). Riskit mahalaukun täyttymiseen ilmalla ja regurgitaatiolle ovat maski-paljeventilaatiossa suuremmat kuin supraglottisilla menetelmillä (Doerges ym. 1999, Stone ym. 1998). Edellä mainittujen komplikaatioiden välttämiseksi on tärkeää, että maski-palje ventilaatiota suorittava henkilö osaa annostella hengitysilmaa oikeilla tilavuuksilla. Nykyiset suositukset ohjeistavat hengityksen kertatilavuudeksi aikuisten elvytystilanteissa 500–600 millilitraa yhden sekunnin aikana (Koster ym. 2010).

Joissakin maski-paljeventilaatiota supraglottisiin hengitystien varmistusmenetelmiin vertaavissa tutkimuksissa on maski-paljeventilaatiolla saavutettu verrattain huonoja tuloksia etenkin kokemattomissa käsissä. Yhdessä elvytysnukella tehdyssä tutkimuksessa sairaanhoitajaopiskelijoista ( $n = 21$ ) vain kolmasosa pystyi saavuttamaan maski-paljeventilaatiolla kohtuullisen ilmavirtauksen hengitysteihin (Doerges ym. 1999). Myös suomalaisessa palomies-ensihoitajilla toteutetussa tutkimuksessa, jossa verrattiin maski-paljeventilaatiota, kurkunpääputkea sekä intubaatiota elvytysnukella simuloidussa elvytystilanteessa, saatiin samansuuntaisia tuloksia: maski-paljemenetelmällä saavutetut ventilaation minuuttivirtaukset jäivät heikommiksi kuin kurkunpääputkella tai intubaatiolla (Kurola ym. 2004).

Vuonna 2013 julkaistussa Russon ym. tutkimuksessa puolestaan testattiin hengityksen avustamisen suhteen kokemattomien lääketieteen opiskelijoiden kykyä suorittaa onnistunutta ventilaatioita elvytysnukella sekä nukutetuilla potilailla maski-paljeventilaatiota sekä kurkunpäänaamaria apuna käyttäen. Kaikki tutkimuksessa mukana olleet opiskelijat onnistuivat ventiloimaan elvytysnukkea sekä maski-palkeella että kurkunpäänaamarilla, mutta nukutettuihin potilaisiin siirryttäessä vain 66 % opiskelijoista onnistui maski-paljeventilaatiossa. Kurkunpäänaamaria käytettäessä 90 % opiskelijoista onnistui ventiloimaan myös nukutettua potilasta (Russo ym. 2013). Kyseinen tutkimus on tärkeä muistutus siitä, että simulaattoreilla tai elvytysnukeilla saavutetut tutkimustulokset eivät välttämättä ole luotettavasti siirrettävissä todellisiin kliinisiin tilanteisiin.

Toisaalta myös maski-paljeventilaation asemaa puolustavaa tutkimusnäyttöä on olemassa: japanilaisessa seurantalutkimuksessa oli mukana lähes 650 000 sairaalan ulkopuolella sydänpysähdyksen saanutta potilasta, joita oli yritetty elvyttää. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisten hengitystien varmistusmenetelmien vaikutusta elvytettyjen potilaiden neurologiseen toipumiseen. Potilaista 57 %:lla happeutumisen ennen sairaalaan pääsyä oli turvattu maski-paljeventilaatiolla, kun taas 37 %:lle oli ennen sairaalaa asetettu supraglottinen hengitystien varmistusväline. Vain 6 % potilaista oli intuboitu ennen sairaalaan siirtoa. Sekä intubaatio että supraglottisen hengitystien varmistusmenetelmien käyttö olivat tutkimusaineistossa yhteydessä huonompaan neurologiseen toipumiseen (Hasegawa ym. 2013).

Samansuuntaisia tuloksia saatiin eteläkorealaisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdyksen saaneiden potilaiden hengissä selviytymistä ryhmissä, joissa ventilaatio oli hoidettu joko maski-paljeventilaatiolla, intubaatiolla tai kurkunpäänaamaria apuna käyttäen. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 5278 potilasta, joista 4637 (87,9 %) ventiloitiin maski-paljemenetelmällä, 250 (4,7 %) intubaatiolla ja 391 (7,4 %) kurkunpäänaamarilla. Yhteensä 365/5278 potilaasta (6,9 %) kotiutui hengissä sairaalasta. Maski-paljeventiloitujen ryhmästä 7,0 % (n=323), intuboitujen ryhmästä 8,0 % (n=20) ja kurkunpäänaamarilla hoidettujen ryhmästä 5,6 % (n=22) kotiutui elossa. Erot maski-paljeventiloitujen ja intuboitujen potilaiden hengissä selviytymisessä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta kurkunpäänaamarin käyttö oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä huonompaan hengissä selviytymiseen (Shin ym. 2012).

Japanilaisessa tutkimuksessa (n = 373) verrattiin sairaalan ulkopuolella tapahtuneen sydänpysähdyksen vuoksi sairaalaan tuotujen potilaiden valtimoverikaasuanalyysijä joko maski-paljeventilaatiota tai kurkunpäänaamarin kautta ventilaatiota saaneiden ryhmien välillä. Tutkimuksessa havaittiin valtimoveren pH-arvon olevan tilastollisesti merkitsevästi hieman korkeampi kurkunpäänaamari-ryhmässä, mutta veren happi- tai hiilidioksidipaineissa ei havaittu merkittäviä eroja ryhmien välillä. Tutkimuksen tekijät kyseenalaistivat supraglottisista menetelmistä mahdollisesti saavutettavan hyödyn niitä maski-paljeventilaatioon verrattaessa (SOS-KANTO study group 2009).

Viime vuosina on julkaistu myös muita tutkimuksia, joissa on verrattu sairaalan ulkopuolella äkilliseen sydänpysähdykseen sairastuneiden, joko pelkkää maski-palje ventilaatiota

saaneiden tai intuboitujen potilaiden hengissä selviytymistä sairaalaan asti tai sairaalasta kotiutumiseen. Joissakin näistä tutkimuksista on havaittu sairaalan ulkopuolisen intubaation olevan yhteydessä alhaisempaan hengissä selviytymiseen (Holmberg ym. 2002, Adams ym. 1997). Esimerkiksi Adamsin ym. skotlantilaisessa tutkimusaineistossa, joka koostui yhteensä 8651 elvytysyrityksen kohteena olleesta potilaasta, havaittiin intuboitujen potilaiden selviytyneen hengissä harvemmin kuin ei-intuboitujen (3,7 % vs. 9,1 %). Erot ryhmien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä. Näitä tutkimustuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin syytä ottaa huomioon tuloksia vääristävän valikoitumisharhan mahdollisuus. Koska käytettyjen hengitystien hallintavälineiden valintaa ei ollut satunnaistettu kummassakaan näistä tutkimuksista, on hyvin mahdollista, että intubaation todennäköisyys on ollut suurempi huonompikuntoisilla potilailla joiden selviytymismahdollisuudet ovat jo ennalta pienemmät.

Toisaalta Gauschen ym. yhdysvaltalaisilla pediatriisilla potilailla toteuttamassa tutkimuksessa, jossa käytettyjen kahden vaihtoehtoisen hengityksen hallintamenetelmän (maski-paljeventilaatio ja endotrakeaalinen intubaatio) valinta oli satunnaistettu, ei näillä kahdella eri menetelmällä hoidettujen potilasryhmien välillä havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa hengissä selviytymisessä (Gausche ym. 2000).

Edellisten tutkimusten kanssa osittain päinvastaisia tuloksia puolestaan saatiin Nagaon ym. tutkimuksessa, jossa verrattiin maski-paljeventilaation ( $n = 156$ ) ja invasiivisen hengitystien varmistamisen ( $n=199$ ) vaikutusta pitkään jatkunutta sairaalan ulkopuolista elvytystä saaneiden potilaiden ennusteeseen. Päätetapahtumina olivat spontaanin verenkierron palautuminen (return of spontaneous circulation, ROSC) ja hyvä neurologinen toipuminen. ROSC saavutettiin tilastollisesti merkitsevästi useammin potilailla, joiden hengitystie varmistettiin invasiivisesti (18,6 %), verrattuna maski-palje ventiloituihin (10,3 %). Ryhmien välillä ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja neurologisesti hyvän toipumisen tai hengissä selviytymisen suhteen (Nagao ym. 2012).

### 2.3.2 Nieluputki eli orofaryngeaalinen ilmatie

Ihmisen lihastonus heikkenee tajunnan menetyksen yhteydessä, jolloin myös kielen, nielun sekä leuan lihakset rentoutuvat ja seurauksena saattaa olla hengitysteiden ahtautuminen takanielun kohdalta. Edellä kuvatut jaw thrust- ja chin lift -tekniikat ovat tällaisissa tilanteissa usein avuksi, mutta eivät välttämättä riitä pitämään ylähengitysteitä täysin avoimena. Tällaisia tilanteita varten on kehitetty ns. nieluputki eli orofaryngeaalinen hengitystie (kuva 5), joka on kovasta muovista valmistettu, distaalipäästään kaartuva n. 10–12 cm pitkä (aikuisen koko) putki. Nieluputkesta käytetään myös nimitystä Guedel-hengitystie sen keksijän tri Arthur Guedelin mukaan.



KUVA 5. Erikokoisia nieluputkia. (Kurola 2006)

Nieluputken käyttö on intubaatioon verrattuna yksinkertaista, mutta supraglottisiin menetelmiin verrattuna on sen käyttö joissakin tutkimuksissa ollut supraglottisia menetelmiä vaikeammin opittavissa (Alexander ym. 1993). Nieluputkea käytetään useimmiten maski-palje ventilaation yhteydessä ylläpitämään avointa hengitystietä. Koga ym. osoittivat tutkimuksessaan, että nieluputkea maski-palje ventilaatiossa apuna käyttämällä saavutetaan keskimäärin parempi ilmavirtaus hengitysteihin pelkkään maski-paljeventilaation verrattuna (Koga ym 2001). Nieluputkesta on kehitetty myös mansetillinen versio, ns. cuffed oropharyngeal airway (COPA), jossa putken nielun puoleiseen päähän on lisätty ilmalla täytettävä mansetti. Mansetin täytöllä pyritään

tehostamaan hengitystien pysymistä avoimena ylänielun alueella, jossa velto kieli ja nielun lihaksisto saattavat helposti tukkia hengitystien. COPA:lla saatetaan saada perinteistä nieluputkea parempi ilmapvirtaus hengitysteissä (Koga ym. 2001), mutta sen käyttö ensihoidossa ei ainakaan Suomessa ole vakiintunut. On huomattava, että nieluputki ei estä potilasta aspiroimasta ja saattaa jopa altistaa sille nielun suojaheijasteita ärsyttäessään.

### 2.3.3 Nenänieluputki eli nasofaryngeaalinen ilmatie

Nenänieluputki eli nasofaryngeaalinen ilmatie on kumiseoksesta valmistettu taipuisa ja toisesta päästään viistosti leikattu sisäänpäin kaartuva putki, joka asetetaan potilaan sieraimen kautta siten, että sen kärki asettuu suunielun alaosaan noin senttimetrin päähän kurkunkannen yläosasta. Vaikka nenänieluputken käyttöaiheet ovat pääpiirteissään samat kuin nieluputkella, on sen käyttö Suomessa toistaiseksi ollut hyvin vähäistä, ja muuallakin maailmassa perinteistä nieluputkea harvinaisempaa (Roberts ym. 2005a). Nenänieluputki ei sulje kurkunpään ja nielun välistä avointa yhteyttä, jolloin se ei myöskään suojaa mahdollisilta nieluun joutuneiden eritteiden aspiraatiolta. Toisaalta nenänieluputki ärsyttää potilaan nielua vähemmän kuin tavallinen nieluputki, joten se ei myöskään provosoi regurgitaatiolle altistavaa nielurefleksii yhtä helposti. Vähäisen nieluärsytyksen ansiosta sitä voidaankin usein käyttää jopa tajuissaan olevilla henkilöillä (Roberts ym. 2005b). Nenänieluputken käyttö voi olla suun kautta asetettavia hengitystien varmistusvälineitä helpompaa myös tilanteissa, joissa potilas on vammautunut suun alueelle. Nenänieluputkeen liittyvistä haittavaikutuksista yleisin lienee sen asentamisen provosoima nenäverenvuoto, ja tästä syystä onkin noudatettava erityistä varovaisuutta jos potilas käyttää verenvuodoille altistavaa antikoagulanttilääkitystä. Kirjallisuuden perusteella tunnetaan myös tapauksia, joissa potilas on epäonnekseen aspiroinut koko nenänieluputken (Yokoyama ym. 2006, Mobbs PA. 1989, Milam ja Miller 1988). Pelätty, mutta äärimmäisen harvinainen nenänieluputken asennukseen liittyvä komplikaatio on putken ohjautuminen kallonsisäiseen tilaan potilaalla, jolla on kallonpohjan vamma. Kirjallisuus tuntee muutamia tällaisia tapauksia (Steinbruner ym. 2007, Schade ym. 2000, Muzzi ym. 1991).

### 2.3.4 Endotrakeaalinen intubaatio

#### 2.3.4.1 Yleistä intubaatiosta

Perinteisesti käytetyin hengitystien hallintamenetelmä, hengitystien varmistamisen kultainen standardi, on endotrakeaalinen intubaatio. Intubaatiossa potilaan henkitorveen työnnetään intubaatioputki (kuva 6) suun kautta näkökontrollissa laryngoskooppia apuna käyttäen.



KUVA 6. Erikokoisia intubaatioputkia. (Kurola 2006)

Nykyään on saatavilla myös kuvantamisteknologiaa hyödyntäviä videolaryngoskooppeja, joissa laryngoskoopin päässä oleva pieni videokamera mahdollistaa jatkuvan kurkunpään rakenteiden visualisoinnin ja helpottaa intubaatioputken asettamista oikeaan paikkaan. Intubaatioputken oikea sijainti henkitorvessa tulisi aina varmistaa intubaation jälkeen suoritettulla molemminpuolisella keuhkoauskultaatiolla sekä uloshengitysilman hiilidioksidipitoisuuden mittauksella (kapnometria). Useimmissa intubaatioputkissa on henkitorveen menevän pään puolella mansetti, joka täytetään ilmalla, kun putki on viety paikalleen äänihuulien ohitse. Mansetin tarkoituksena on estää putken vetäytyminen pois henkitorvesta. Täytetyn mansetin tulisi myös suojata intuboitua potilasta aspiraatiolta.

Näyttö mansetin tarjoamasta aspiraatio suojausta on kuitenkin osittain ristiriitaista ja vaikuttaisi olevan riippuvaista intubaation kestosta ja käyttöindikaatiosta. Leikkaussaliolosuhteissa toteutetun elektiivisen yleisanestesian yhteydessä on aspiraation ilmaantuvuus intuboiduilla potilailla vaihdellut eri tutkimuksissa välillä 0,7–10,2 aspiraatiotapausta / 10 000 yleisanestesiää (Smith ja Ng 2003). Sen sijaan yhdessä tutkimuksessa, jossa selvitettiin teho-osastolla hengityslaittehoidossa olleiden pediatristen potilaiden aspiraation yleisyyttä, havaittiin sitä tapahtuvan täytetystä intubaatioputken mansetista huolimatta 28 %:ssa tapauksista (Amantea ym.2004). Ensihoito- ja erityisesti elvytystilanteisiin tiedetään liittyvän huomattava regurgitaation ja aspiraation riski, jota etenkin toistetut laryngoskopiat lisäävät (Virkkunen ym. 2007, Mort 2004). Onnistunut intubaatio näyttäisi kuitenkin suojaavan potilaita aspiraatiolta myös ensihoitotilanteissa, sillä tilanteissa, joissa intubaatio oli vaatinut alle kaksi laryngoskopiaa, oli aspiraation ilmaantuvuus eräässä tutkimuksessa vain 0,8 %, mitä voitaneen pitää varsin matalana, kun huomioidaan eri tutkimuksissa havaitun sydänpysähdyksen ja elvytyksen aikaisen regurgitaation ja aspiraation riskin olevan noin 20 % luokkaa (Virkkunen ym. 2007, Stone ym. 1998).

Asianmukaisesti suoritettuna endotrakeaalisen intubaation hyviä puolia muihin hengitystien varmistusmenetelmiin verrattuna on sen tarjoama mahdollisuus mekaaniseen ventilaatioon ja positiivisen hengitystiepaineen käyttöön sekä hyvänä pidetty aspiraatio suoja (Pepe ym. 1985). Intubaatio mahdollistaa runsashappisen hengitysilman toimittamisen ja saattaa myös turvata muita hengitystien varmistusmenetelmiä paremman happeutumisen, koska sen yhteydessä voidaan käyttää positiivista uloshengityksen loppupainetta (positive end-expiratory pressure, PEEP) (Pepe ym. 1993). Joissain tutkimuksissa sairaalan ulkopuolinen intubaatio äkillisissä sydänpysähdyksissä on ollut yhteydessä parempaan ennusteeseen, mutta tutkimusnäyttö tästä on ristiriitaista. Wangin ym. havainnoivassa monikeskustutkimuksessa selvitettiin intubaation ja supraglottisten hengitystien varmistusmenetelmien (LT, Combitube, LMA) yhteyttä hengissä selviytymisen ennusteeseen sairaalan ulkopuolella äkilliseen sydänpysähdykseen sairastuneilla potilailla. Intuboiduista potilaista 4,7 % ja supraglottisilla menetelmillä hoidetuista 3,9 % selviytyi hengissä ja kotiutui sairaalasta. Ero hengissä selviytymisessä oli tilastollisesti merkitsevä. Myös ROSC:n saavuttamisessa ja selviytymisessä 24 tunnin kohdalla havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero intubaatiolla hoidetun potilasryhmän hyväksi (Wang ym. 2012). Toisaalta



on myös tutkimuksia, joissa intubaation on havaittu olevan yhteydessä potilaiden huonompaan selviytymiseen, etenkin verrattaessa sitä pelkkää maski-palje ventilaatioita saaneiden potilaiden selviytymiseen (Hasegawa ym. 2013, Hanif ym. 2010). Traumaattisen aivovamman saaneiden potilaiden selviytymistä selvittäneissä tutkimuksissa varhaisen vamman jälkeisen intubaation on havaittu olevan yhteydessä suurempaan kuolleisuuteen (Davis ym. 2008, Wang ym. 2004, Eckstein ym. 2000, Murray ym. 2000).

#### 2.3.4.2 RSI-Intubaatio

Endotrakeaalisen intubaation helpottamiseksi käytetään usein niin sanottua rapid sequence intubation, eli RSI-tekniikkaa, jossa potilas vaivutetaan yleisanestesiaan suonensisäisesti annosteltavan analgeetin, lihasrelaksantin ja anesteetin avulla. Menetelmän käyttö Suomessa edellyttää anestesia- tai ensihoitolääkärin pätevyyttä. RSI-tekniikka on käyttökelpoinen etenkin tilanteissa, joissa potilas ei ole täysin tajuton, mutta tarvitsee intubaatiota. RSI:n avulla saadaan potilaan nielun suojaheijasteita vaimennettua, jolloin voidaan välttää niiden aiheuttamia haittoja, kuten kallonsisäisen paineen nousua, hypertensiota ja takykardiaa. Toisaalta RSI saattaa aiheuttaa hypotensiota, joka on tunnettu sekundaarisen aivovamman riskitekijä. Bernard ym. toteuttivat satunnaistetun tutkimuksen, jossa verrattiin jo onnettomuuspaikalla ensihoitajien suorittaman ja vasta sairaalassa suoritettun RSI:n vaikutusta potilaiden neurologiseen toipumiseen vaikean traumaattisen aivovamman saaneilla potilailla. Tutkimuksen mukaan ennen sairaalaa RS-intuboitujen potilaiden neurologinen toipuminen puoli vuotta tapaturman jälkeen arvioituna oli parempaa kuin potilailla, jotka RS-intuboituihin vasta sairaalassa (Bernard ym. 2010). Kyseisessä tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu ennen sairaalaa toteutetun RSI:n vähentävän potilaiden kuolleisuutta, eikä myöskään sekundaarisen aivovamman selkeimmin tunnistettuja riskitekijöitä eli hypoksiaa, hyperkapniaa tai hypotensiota. Tutkimuksen tekijöiden johtopäätöksiä varhaisen RSI:n hyödyistä onkin kritisoitu ja yhteyttä parempaan neurologiseen toipumiseen epäilty ei-kausaaliseksi (Kingsbury 2014).

#### 2.3.4.3 Intubaation komplikaatiot

Endotrakeaaliseen intubaatioon liittyy useita ongelmia sekä merkittäviä komplikaatoriskejä. Intubaatioputken ohjautuminen ruokatorveen on pelätyin intubaatioon liittyvä riski. Ruokatorvi-intubaatio estää potilaan happeutumisen ja aiheuttaa mahalaukun täyttymisen ilmalla, mikä edelleen altistaa regurgitaatiolle ja aspiraatiolle. Jopa mahalaukun repeytymisiä tiedetään tapahtuneen (Krause ja Donen 1984). Yhdysvalloissa kootun tutkimusaineiston perusteella ruokatorvi-intubaation riski sairaalan ulkopuolella intuboiduilla potilailla on noin 0,6 % (Wang ym. 2011).

Intubaatioputki saattaa myös henkitorveen asettamisen jälkeen liikkua väärään sijaintiin. Tavallisimmin se voidaan työntää liian syvälle henkitorven pääbronkusten haaraumakohdan alapuolelle. Tällaisessa tapauksessa vain toisen keuhkon ventiloituminen on mahdollista ja seurauksena voi olla atelektaasi ja hypoksemia. Intubaatioputki voi myös luiskahtaa pois henkitorvesta nieluun tai ruokatorveen.

Elvytettävän potilaan selviytymisen kannalta merkittävin intubaatioon liittyvä haitta on useimmiten kuitenkin siihen kuluva aika ja mahdollinen paineluelvytyksen keskeytyminen. Paineruelvytyksen keskeytyminen intubaation vuoksi heikentää elvytettävän potilaan selviytymisennustetta (Valenzuela ym. 2005). Intubaatio saattaa vaatia hätätilanteissa usein enemmän kuin yhden yrityksen myös kokeneilta anestesia-*l*ääkäreiltä (Rognås ym. 2013, Kerrey ym. 2012). Kerreyn ym. julkaisemassa tutkimuksessa havaittiin, että ensiapupoliklinikalla *l*ääkäreiden suorittamiin RSI-intubaatioihin liittyi 61 %:ssa useampi kuin yksi intubaatioyritys ja kolmasosassa (33 %) tapauksia potilaalle aiheutui hypoksiaa (Kerrey ym. 2012). Tutkittaessa ensihoitajilta intubaatioon kuluva *a*ikaa elvytystilanteessa, on intubaatiosta aiheutuvan paineruelvytyksen keskeytyksen havaittu olevan keskimäärin noin 1–2 minuuttia (Gruber ym. 2013, Ruetzler ym. 2011a, Wang ym. 2009, Kurola ym. 2004).

Intubaation onnistumisen varmistaminen ei ole helppoa. Intubaatioputken vieminen näkökontrollissa äänihuulten ohitse, molemminpuolinen keuhkoauskultaatio, rintakehän liikkeiden havainnointi ja uloshengityksen hiilidioksidin mittaaminen ovat keinoja, joilla intubaatioputken oikea sijainti on pyritty varmistamaan. Nämä menetelmäkään eivät ole aukottomia (Rudraraju ja Lewis 2009). Keuhkoauskultaatiota ja rintakehän liikkeiden

tarkastelua luotettavampi menetelmä on kapnometria, jolla havainnoidaan hiilidioksidipitoisuutta uloshengitysilmassa numeerisena arvona. Vielä kapnometriaakin luotettavampi menetelmä on kapnografia, joka mahdollistaa uloshengitysilman hiilidioksidipitoisuuden tarkkailun laitteen näytöltä aaltomuodossa ajan funktiona. Täysin varma menetelmä ei kapnografiakaan kuitenkaan ole: vuonna 2001 julkaistun meta-analyysin perusteella sen avulla päästään vain hieman yli 90 %:n varmuuteen intubaatioputken oikeasta sijainnista (Li 2001). Li:n meta-analyysiin oli kuitenkin sisällytetty jo 1960-luvulla tehtyjä tutkimuksia, joissa käytetyt kapnografiamenetelmät eivät ole nykyaikaisten menetelmien veroisia. Uudemmissa kapnografian käyttöä selvittäneissä tutkimuksissa onkin sen käytöllä saavutettu Li:n meta-analyysiin verrattuna huomattavasti parempia tuloksia (Rudraraju ja Lewis 2009, Knapp ym. 1999).

Myös onnistuneeseen intubaatioon voi liittyä useita erilaisia komplikaatioita. Tiedetään, että laryngoskoopin ja intubaatioputken aiheuttama sympatikotonisia reaktioita laukaiseva nielun ja henkitorven limakalvojen ärsytys saattaa olla merkittävä riskitekijä etenkin sydänsairaille potilaille. Intubaatio voi jopa itsessään aiheuttaa sydänpysähdyksen (Heffner ym. 2013). Kattavaa tietoa intubaatiosta aiheutuneiden sydänpysähdysten yleisyydestä ei ole, mutta yhden yhdysvaltalaisen tutkimuksen perusteella sydänpysähdyksen ilmaantuvuus ensiaputilanteessa suoritettun intubaation yhteydessä saattaisi olla jopa 1/25 intubaatiota (Heffner ym. 2013). Useissa tutkimuksissa on myös havaittu, että onnistuneen intubaation jälkeen potilasta saatetaan herkästi hyperventiloida, minkä seurauksena rintaontelon sisäinen paine nousee ja heikentää laskimopaluuta sydämeen, vähentää sepelvaltimoiden ja aivojen perfuusiota ja siten heikentää elvytettävän hemodynamiikkaa (Pitt ja Kellermann 2004, Aufderheide ja Lurie 2004, Aufderheide ym. 2004b). Vakavien ja henkeä uhkaavien haittavaikutusten lisäksi intubaation yhteydessä voi aiheutua myös monenlaisia hammas-, äänihuuli-, limakalvo- yms. rakennevaurioita.

#### 2.3.4.4 Intubaation oppiminen

Endotrakeaalisen intubaation kunnollinen oppiminen on vaikeaa ja aikaa vievää. De Oliveira ja Filho tutkivat anestesiologiaan erikoistuvien lääkäreiden intubaation oppimiskäyriä. Tutkittavien seitsemän erikoistuvan lääkärin ryhmässä lääkärit suorittivat tutkimusjakson aikana keskimäärin 127 intubaatiota, mutta vain neljä seitsemästä

lääkäristä saavutti yli 80 %:n onnistumisen todennäköisyyden (De Oliveira ja Filho. 2002). Komatsun ym. tutkimuksessa 15 erikoistuvasta lääkäristä 9 pääsi 80 %:n onnistumiseen keskimäärin 29 intubaation jälkeen (Komatsu ym. 2010). Kopaczin ym. tutkimuksessa yli 90 %:n intubaation onnistumisen todennäköisyyden saavuttaminen vaati lääkäreiltä keskimäärin 45 intubaatiokertaa (Kopacz ym. 1996). Toisessa samalla tavalla toteutetussa tutkimuksessa 90 %:n onnistumistodennäköisyyteen pääseminen vaati keskimäärin 57 intubaatiokertaa (Konrad ym. 1998). Nämä tutkimukset, kuten suurin osa intubaation oppimista käsittelevistä tutkimuksista, on tehty leikkaussaliolosuhteissa ja nukutetuilla potilailla. Hätätilanteissa hengitystien varmistamisen voidaan olettaa olevan keskimäärin huomattavasti hankalampaa, eikä edellä esitellyistä luvuista siksi tulisikaan päätellä onnistuneen intubaation todennäköisyyttä hätätilanteessa. Timmerman ym. selvittivät tutkimuksessaan sairaalan ulkopuolisiin intubaatioihin liittyviä hankaluuksia, kun suorittajana olivat anestesiologisen koulutuksen saaneet ensihoitolääkärit. Tutkimuksen aikana yritettiin intuboida yhteensä 1106 potilasta, joista 98 %:ssa intubaatio onnistui. 4,3 %:ssa tapauksista intubaatio vaati useamman kuin 3 yritystä onnistuakseen. Hengitystien varmistus luokiteltiin vaikeaksi lähes 15 % tapauksista, ja yleisimpiä syitä vaikealle hengitystien varmistamiselle olivat potilaan huono asento (48,8 %), vaikea laryngoskopia (42,7 %) sekä oksentelu, eritteet ja aspiraatio (15,8 %). Tutkimuksen loppupäätelmänä olikin, että sairaalan ulkopuolisten intubaatioiden yhteydessä ilmaantuu selkeästi enemmän ongelmia kuin leikkaussaliolosuhteissa suoritetuissa intubaatioissa (Timmermann ym. 2006). Tutkimuksissa, joissa on selvitetty hätätilanteissa suoritettun intubaation onnistumisen todennäköisyyttä ensihoitajilla, on intubaation onnistumisprosentti vaihdellut välillä 50–95 % (Sayre ym. 1998, Bradley ym. 1998, Jacobs ym. 1983).

Uusimmassa suomalaisessa elvytyksen Käypä hoito -suosituksessa esitetäänkin, että intubaatio jätettäisiin vain kokeneiden ja toimenpiteeseen koulutettujen henkilöiden tehtäväksi, ja suositellaan vaihtoehtoisten supraglottisten hengitystien hallintamenetelmien käyttöä hyväksyttäväksi vaihtoehtoksi intubaatiolle (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2011). Suomalainen suositus ei kuitenkaan määrittele, kenet voi määrittää ”kokeneeksi ja koulutetuksi”. Samansuuntaisen, mutta tarkemmin selvennetyn suosituksen on antanut Scandinavian Society for Anesthesiology and Intensive Care Medicine. Sen vuonna 2008 julkaistussa suosituksessa ehdotetaan, että muiden paitsi

anestesiologin koulutuksen saaneiden tulisi käyttää elvytystilanteissa ensisijaisesti supraglottisia hengitystien varmistusmenetelmiä (Berlac ym. 2008).

Suomessa intubaation opetus on perinteisesti kuulunut ja kuuluu edelleen lääketieteen lisensiaattien koulutusohjelmaan osana anestesiologian opetusta. Samoin suomalaisia ensihoitajia on jo vuosikaudet koulutettu intuboimaan. Supraglottisten hengitystien hallintamenetelmien yleistymisen myötä myös niiden käytön opetus on sisällytetty anestesiologian opetussuunnitelmiin. Suomalaiset anestesiologian professorit ovat linjanneet että intubaatio kuuluu opetussuunnitelmaan (prof. Hannu Kokki, suullinen tieto).

Vuonna 2014 on Suomen sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira todennut antamassaan lausunnossaan seuraavasti: ”intubaatioon tulisi ryhtyä hätätilanteissa muun kuin kokeneen intubaatiotaitoisen (anestesia-, ensihoito- tai tehohoito-) lääkärin ainoastaan silloin, kun potilas toisin toimien menehtyisi”. Edelleen samassa lausunnossa tarkennetaan, että muun kuin kokeneen intubaatiotaitoisen lääkärin suorittaman intubaation edellytyksenä on toimintayksikön lääketieteellisestä toiminnasta vastaavan lääkärin myöntämä henkilökohtainen kirjallinen lupa intubaation suorittamiseen (Toppila ja Pöllänen 2014). Kyseinen lausunto ei suorasti ota kantaa supraglottisten hengitystien varmistusmenetelmien käyttöön. Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalveluiden vastuuhenkilöt ovat vuonna 2014 antaneet oman suosituksensa sairaalan ulkopuolella toteutettavasta hengitystien hoidosta Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin alueella. Siinä ensisijaiseksi hoito- ja perustasolla käytettäväksi hengitystien varmistusvälineeksi on määritetty kurkunpääputken kertakäyttöinen malli (LT-D). RSI suositellaan tehtäväksi ensihoitolääkäreiden toimesta, ja hoitotason ensihoitaja voisi intuboida vain välttämättömässä hätätilanteessa edellyttäen, että paikalla on useampi kuin kaksi ensihoitoon osallistuvaa auttajaa (Jäntti 2014).

Kun vaihtoehtoisten hengitystien varmistusmenetelmien käyttöä puoltavaa tutkimusnäyttöä ja käyttökokemusta on alkanut kerääntymään, on sekä meillä Suomessa että muuallakin maailmassa alettu kyseenalaistamaan intubaation opettamisen tarpeellisuutta ja järkevyyttä lääkärin peruskoulutuksessa (Kurola 2006a). Kunnollinen intubaation oppiminen vaatisi sellaisia opetuksellisia ja ajallisia resursseja, ettei niitä

yksinkertaisesti ole saatavilla lääketieteen yleiseen koulutusohjelmaan. Lisäksi vaikka kunnolliset intubaatiotaidot saataisiinkin lääkäreiden peruskoulutuksessa turvattua, ei niiden ylläpitäminen suurella osalla lääkäreistä onnistuisi, koska työssä suoritettujen intubaatioiden lukumäärä jää liian pieneksi. Suomessa on todennäköistä, että vain anestesiologian ja ensihoidon erikosisaloilla lääkärit kohtaavat riittävän usein intubaatiotilanteita pitääkseen oppimansa taidot tuoreina ja riittävinä. Hiljattain julkaistussa, pohjoissuomalaisilla ensihoitajilla toteutetussa kyselytutkimuksessa (n = 224) selvitettiin muun muassa heidän työssään kohtaamaansa hengitystien hallinnan tarpeen yleisyyttä ja siihen käytettyjä menetelmiä. Kyselyyn vastanneet olivat intuboineet keskimäärin vain 2 kertaa vuodessa. Edelleen kyselyyn vastanneista 65,7 % ilmoitti joskus suorittaneensa epäonnistuneen intubaation (Raatinieniemi ym. 2013). Ensihoitajien kohdalla vain harvoin sattuva intubaation tarve ei ole pohjoissuomalaisen ensihoidon erityispiirre; Pennsylvanian alueella selvitettiin yli 5000 ensihoitajan vuotuisia intubaatiomääriä ja tutkimuksessa keskimääräinen ensihoitajakohtainen intubaatiofrekvenssi oli vain 1/vuosi (Wang ym. 2005).

Suomalaisten lääketieteen opiskelijoiden suorittamien, ei-opintoihin kuuluvien intubaatioiden yleisyydestä vuositasolla ei tiettävästi ole olemassa tutkittua tietoa, mutta voidaan perustellusti olettaa, että keskimääräisesti lääketieteen opiskelijat, ja samoin myös valmistuneet lääkärit, joutuvat työssään intuboimaan huomattavasti harvemmin kuin ensihoitajina työskentelevät. Tällaisilla intubaatiomäärillä on käytännössä mahdotonta ylläpitää turvallisen intubaation taitoa, vaikka aiemmin olisikin intubaation kunnolla oppinut. Toisaalta minkään suomalaisen lääketieteellisen tiedekunnan perusopetuksessa ei saavuteta intubaatiota opetettaessa riittävän suurta suoritettujen intubaatioiden määrää, jotta voitaisiin perustellusti olettaa valmistuvien lääkäreiden osaavan intuboida turvallisesti.

Myös lääketieteen opiskelijoiden hengitystien varmistamisen oppimisesta on tehty tutkimuksia. Vuonna 2005 julkaistussa singaporelaisilla lääketieteen opiskelijoilla toteutetussa tutkimuksessa testattiin 93 opiskelijan hengitystien varmistamisen käytännön taitoja. Ensimmäistä testauskertaa edeltävästi opiskelijoille oli järjestetty koulutus hengitystien varmistamisesta. Tutkimuksessa käytettävänä menetelminä oli kurkunpäänaamari (LMA), endotrakeaalinen intubaatio sekä Combitube-putki. Tutkimuksessa havaittiin kurkunpäänaamarin laiton onnistuvan käytettävissä olevista

menetelmistä nopeimmin ja myös turvallisimmin heti koulutuksen jälkeen ja 6 kuukauden kuluttua koulutuksesta (Tiah ym. 2005). Samankaltainen tutkimusasetelma oli käytössä myös 2005 julkaistussa israelilaisessa tutkimuksessa, jossa havaittiin sekä LMA:n että Combituben asettamisen onnistuvan endotrakeaalista intubaatiota huomattavasti nopeammin ja varmemmin (Weksler ym. 2005). Molemmissa yllä mainituissa tutkimuksissa havaittiin myös, että tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden taidot käyttää supraglottisia hengitystien varmistusmenetelmiä säilyivät koetilanteiden välissä olleen kuuden kuukauden tauon jälkeenkin paremmin kuin taito intuboida.

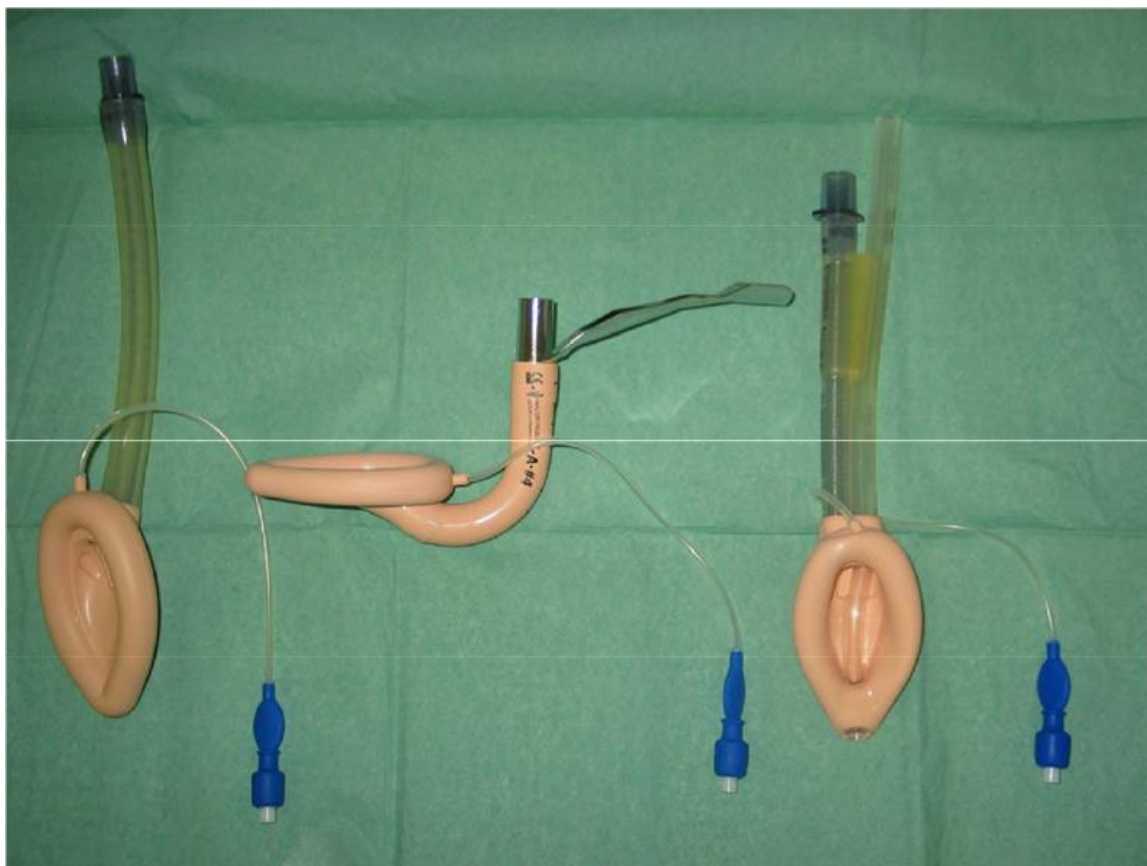
Vaikka endotrakeaalinen intubaatio onkin hengitystien varmistamisen tärkein metodi kokeneiden käyttäjien suorittamassa vaativassa anestesiologiassa ja ensihoidossa, on tutkimusnäyttö siihen liittyvistä riskeistä ja sen kunnollisen oppimisen vaikeudesta kiistatonta. Lieneekin perusteltua pohtia, tulisiko suomalaisessa lääketieteen lisensiaattien koulutuksessa korvata endotrakeaalisen intubaation opettaminen helpommin opittavilla vaihtoehtoisilla hengitystien varmistusmenetelmillä.

### 2.3.5 Supraglottiset ilmatiet

#### 2.3.5.1 Kurkunpäänaamari eli larynxmaski (LMA)

Kurkunpäänaamareita on ollut saatavilla 1980-luvulta lähtien. Sen perusmalli on kovasta muovista valmistettu, hieman käyristyvä putki, jonka nieluun työnnettävässä distaalipäässä on soikeanmallinen ”naamarimainen” aukeama. Kurkunpäänaamari asettuu nielen supraglottiseen tilaan (vestibulum laryngis) muodostaen avoimen, hengitysilman kulun sallivan liitoksen sen ja kurkunpään välille (kuva 7). Kurkunpäänaamarista on kehitetty useita erilaisia, toimintaperiaatteiltaan samankaltaisia, mutta ominaisuuksiltaan hieman toisistaan poikkeavia malleja. Yleisimmin käytettyjä näistä ovat perinteinen LMA (LMA classic™), LMA Fastrach™, LMA Pro Seal™ sekä iGel™. Useimmissa kurkunpäänaamareissa naamariosa täytetään ilmalla ja täytettynä se tiivistää hengitystien erilleen muista nielen rakenteista. iGel-malli ei vaadi ilmalla täyttämistä, mikä tekee sen käytöstä muita kurkunpäänaamareita helpompaa. Kurkunpäänaamarin distaalinen kärki asettuu ruokatorven yläsulkijan kohdalle. Osassa kurkunpäänaamareista on erillinen aukko, jonka

kautta voidaan imeä pois nielussa olevia eritteitä tai sinne nousevaa mahansisältöä. Jotkin kurkunpäänaamareista myös mahdollistavat endotrakeaalisen intubaatioputken asettamisen niiden kautta. Tällaisia malleja kutsutaan nimellä intubaatiokurkunpäänaamari (ILMA).



KUVA 7. Kolme erilaista kurkunpäänaamaria. (Kurola 2006)

Kurkunpäänaamari asetetaan muiden supraglottisten hengitystien varmistusvälineiden tapaan ilman näköyhteyttä kurkunpäähän. Sen asettaminen ei siis vaadi laryngoskopiaa. Tämä helpottaa huomattavasti asettamisen oppimista, ja mahdollistaa sen käytön hyvin myös kokemattomissa käsissä. Kurkunpäänaamari on vakiinnuttanut asemansa myös elektiivisessä anestesiologiassa endotrakeaalisen intubaation vaihtoehtona, erityisesti lyhytkestoisissa toimenpiteissä. Se on myös yleisesti käytetyin hengitystien varmistamisen hätäkeino silloin, kun intubaatio ei onnistu.

Kurkunpäänaamarin käyttö sekä nukkemalleilla simuloituissa tutkimuksissa, leikkaussaliolosuhteissa että myös ensihoitotilanteissa on useissa tutkimuksissa osoittautunut endotrakeaalista intubaatiota helpommaksi, nopeammaksi ja varmemmin onnistuvaksi hengitystien varmistusmenetelmäksi (Ruetzler ym. 2011b, Wahlen ym. 2009,



Chen ja Hsiao 2008, Kurola ym. 2006b, Tiah ym. 2005, Reinhardt ja Simmons 1994, Pennant ym. 1992).

Kurkunpäänaamarin käyttö on myös intubaatiota helpompaa oppia ja sen käyttötaito näyttäisi säilyvän huomattavasti paremmin intubaatiotaitoon verrattuna (Ruetzler ym. 2011b, Tiah ym. 2005, Weksler ym. 2005). Jopa hengitystien varmistamisen suhteen aikaisemmin täysin kokemattomat henkilöt näyttäisivät pystyvän oppimaan sen käytön vain pari tuntia kestäneen harjoittelun jälkeen (Bickenbach ym. 2009).

Myös maski-paljeventilaatioon sekä toisiin supraglottisiin menetelmiin verrattuna sen käytön helppous ja nopeus on vertailevien tutkimusten perusteella erinomaista (Russo ym. 2013, Voscopoulos ym. 2013, Fischer ym. 2011, Castle ym. 2010). Kurkunpäänaamarilla kyetään elvytystilanteessa takaamaan vähintään yhtä hyvä potilaan happeutumisen kuin maski-paljeventilaatiolla (SOS-KANTO study group 2009).

Eri kurkunpäänaamarimallein välisissä vertailututkimuksissa etenkin iGel, LMA Fastrach™, sekä LMA supreme™ ovat olleet muita malleja helpompia oppia ja nopeampia käyttää (Fischer ym. 2011, Castle ym. 2010, Wahlen ym. 2009).

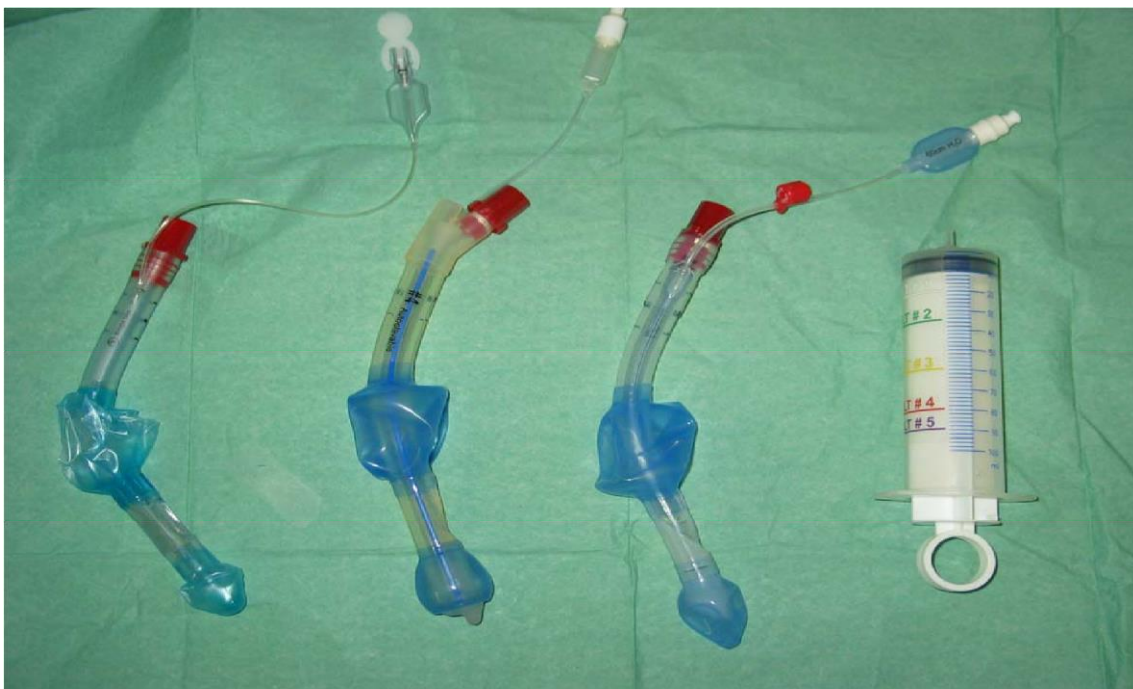
Aspiraatoriski LMA:n käytön yhteydessä on tutkimusten perusteella verrattavissa endotrakeaalisen intubaation aiheuttamaan aspiraatoriskiiin, ja ainakin sydänpysähdystilanteissa sen käyttö näyttää jossain määrin vähentävän aspiraatoriskiä (Stone ym. 1998, Brimacombe ja Berry 1995).

Kurkunpäänaamarin ja muiden supraglottisten hengitystien hallintametodien käytön vaikutusta potilaiden ennusteeseen on tarkasteltu joissakin tutkimuksissa, joissa sitä on verrattu intubaatioon ja maski-palje ventilaatioon. Huolimatta sen osoitetusta helppokäyttöisyydestä ja käytön nopeudesta, ei tutkimuksissa ole kyetty osoittamaan sen käyttöön liittyvää parantunutta ennustetta. Itse asiassa jotkin sairaalan ulkopuolisen sydänpysähdysten saaneiden potilaiden selviytymistä selvittäneet tutkimukset ovat havainneet sen käytön olevan yhteydessä jopa huonompaan ennusteeseen. Ainakin kahdessa laajassa, vuosina 2011 ja 2013 julkaistussa tutkimuksessa, oli supraglottisten menetelmien käyttö – LMA mukaan luettuna – pelkkää maski-paljeventilaatiota saaneisiin potilaisiin verrattuna yhteydessä huonompaan hengissä selviytymiseen ja neurologiseen toipumiseen (Hasegawa ym. 2013, Shin ym. 2011). Shinin ym. tutkimuksessa supraglottiset menetelmät olivat myös endotrakeaaliseen intubaatioon verrattuina yhteydessä potilaiden

huonompaan hengissä selviytymiseen (Shin ym. 2011). Toisaalta myös Wangin ym. tutkimuksessa vuodelta 2012 oli supraglottisten hengitystien varmistusmenetelmien käyttö sairaalan ulkopuolisten sydänpysähdysten hoidossa yhteydessä huonompaan hengissä selviytymiseen endotrakeaaliseen intubaatioon verrattuna (Wang ym. 2012). Jotta voitaisiin selvittää, liittyykö supraglottisten hengitystien varmistusmenetelmien käyttöön todellinen huonomman selviytymisen riski, pitäisi tehdä satunnaistamalla toteutettu kokeellinen tutkimus, jollaista ei kuitenkaan ole tähän katsaukseen mennessä julkaistu.

#### 2.3.5.2 Kurkunpää- eli larynkspanki (LT)

Kurkunpääputki on ollut markkinoilla 1990-luvun lopulta lähtien. Se on nimensä mukaisesti kurkunpään työntävä, keskikohdastaan käyristyvä muovinen putki, johon liittyy kaksi erikokoista ilmalla täytettävää mansettia: sen suunielun yläaukeamaan asettuvassa keskikohdassa on suurempi mansetti ja putken distaalipäässä on pienempi ruokatorven yläosaan työntävä mansetti (kuva 8). Täytettynä nämä mansetit eristävät kurkunpään rakenteet muista nielun rakenteista erilleen ja pitävät putken paikoillaan. Kahden mansetin välisessä osassa on aukko, jonka kautta hengitysilma ohjautuu kurkunpään kautta henkitorveen. Putken suun ulkopuolelle jäävässä päässä on liitoskappale, jonka välityksellä putki voidaan yhdistää hengityskoneeseen tai -palkeeseen. Kurkunpääputkia on saatavilla hieman toisistaan poikkeavia malleja, joissa osassa on erillinen kanava nielun eritteiden pois imemistä varten.



KUVA 8. Erilaisia kurkunpääputkia. (Kurola 2006)

Useissa nukkemalleilla tehdyissä tutkimuksissa kurkunpääputken käytön oppimisen on osoitettu olevan helppoa ja nopeaa ja sujuvan hyvin myös hengitystien varmistamisen suhteen kokemattomilta tekijöiltä (Länkimäki ym. 2013, Voscopoulos 2013, Ruetzler ym. 2011, Castle ym. 2010, Kurola ym. 2004). Myös leikkaussaliolosuhteissa nukutetuilla potilailla testattuna LT on osoittautunut helppokäyttöiseksi, nopeaksi ja intubaatioon verrattavissa olevan minuuttiventilaation mahdollistavaksi menetelmäksi (Kurola ym. 2005). Toisaalta saman työryhmän tutkimuksessa ensihoitaja-opiskelijoista vain 44 % onnistui asettamaan nukutetuille potilaille LT:n oikein ensimmäisellä yrityksellä (Kurola ym. 2006b). Supraglottisten menetelmien keskinäisissä vertailututkimuksissa kurkunpääputki on useimmiten osoittautunut hieman kurkunpäänaamaria hitaammin asetettavaksi, mutta erot ovat olleet pieniä ja osassa tutkimuksista tulokset ovat LT:n ja LMA:n osalta olleet myös päinvastaisia (Voscopoulos ym. 2013, Ruetzler ym. 2011, Castle ym. 2010, Kurola ym. 2005). Monissa muissa maissa LT:n ja LMA:n vaihtoehtona käytössä olevaan, mutta Suomessa vähäiselle käytölle jääneeseen Combitubeen verrattuna LT näyttäisi olevan nopeammin asetettavissa ja sen käyttö nopeammin opittavissa (Hüter ym. 2009).

Oikeissa ensihoitotilanteissa sairaalan ulkopuolella on kurkunpääputken käytöstä saatu nukketutkimuksiin verrattuna selkeästi heikompia tuloksia (Sunde ym. 2012, Länkimäki ym. 2012). Norjalaisessa tutkimuksessa, jossa selvitettiin ensihoitajien kurkunpääputken

käyttöä sairaalan ulkopuolella tapahtuneissa sydänpysähdyksissä, saatiin LT onnistuneesti paikoilleen vain 85,3 % tapauksia, ja vain 74,4 % tapauksista sen asettaminen onnistui ensimmäisellä yrityksellä. Edelleen yli puolessa kaikista tapauksista LT:n käyttöön liittyi ongelmia, kuten asennuksen jälkeen kuulumattomissa olevat hengitysäänet, oksentaminen ja aspirointi, LT:n siirtyminen pois paikoiltaan ja ilmavuoto (Sunde ym. 2012). Suomalaisilla ensivasteen työntekijöillä, joilla ei ollut merkittävää aiempaa kokemusta hengitystien varmistamisesta, LT:n käyttö sairaalan ulkopuolisissa sydänpysähdyksissä onnistui yli 90 %:ssa tapauksista, mutta vain 71,9 %:ssa se saatiin asetettua onnistuneesti ensimmäisellä yrityksellä (Länkimäki ym. 2013). Positiivisempaa käyttökokemusta kurkunpääputkesta saatiin saksalaisessa tutkimuksessa, jossa LT saatiin onnistuneesti asetettua 96,8 %:lle potilaista. Tosin tässäkin aineistossa vain 78,3 %:lle asettaminen onnistui ensimmäisellä yrityksellä (Schalk ym. 2010).

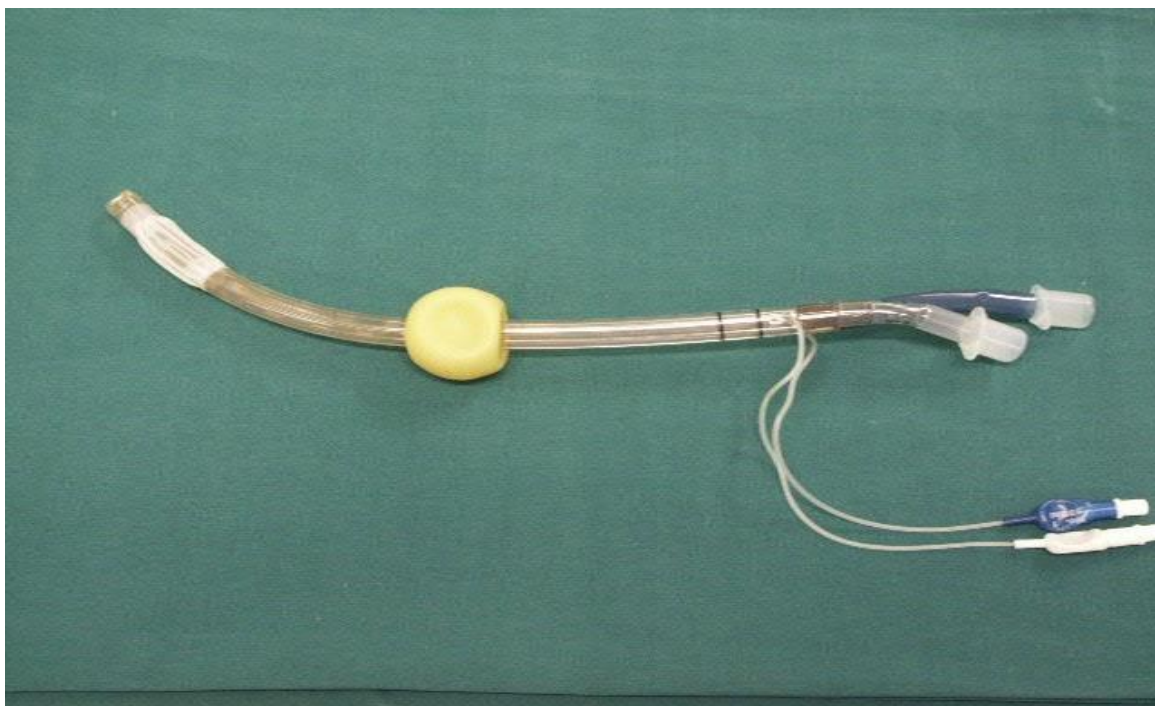
Tutkimusnäyttö kurkunpääputken käytön vaikutuksista sillä hoidettujen potilaiden ennusteeseen on samankaltaista kuin kurkunpäänaamarin käytöstä saatu näyttö: näennäisestä helppokäyttöisyydestä ja käytön nopeasta oppimisesta huolimatta ei sen käytön ole voitu osoittaa olevan yhteydessä potilaiden parempaan ennusteeseen. Joissakin tutkimuksissa sen käyttö on yhdistetty jopa potilaiden huonompaan ennusteeseen (Hasegawa ym. 2013, Wang ym. 2012). Nämä tutkimukset ovat kuitenkin vain ei-satunnaistettuja havainnoivia tutkimuksia, joiden perusteella syy-seuraussuhteiden arvioiminen on hankalaa. Yhtään satunnaistettua tutkimusta kurkunpääputken käytön vaikuttavuudesta muihin hengitystien varmistusmenetelmiin verrattuna ei ole toistaiseksi tehty, joten ennustenäyttöön tulisi suhtautua varauksella.

### 2.3.5.3 Combitube

Combitube kehitettiin 1980-luvun lopulla Yhdysvalloissa. Sitä suunniteltiin käytettäväksi intubaatiolle vaihtoehtoisena hengitystien varmistusvälineenä tilanteissa, joissa intubaatio on osoittautunut hankalaksi tai ensihoitoa antava henkilö ei osaa intuboida. Tavoitteena oli siis kehittää mahdollisimman helppokäyttöinen keinotekoisien ilmatien varmistava laite. Combitube on kaksi erillistä kanavaa sisältävä putki, joka asetetaan potilaan suun kautta ilman laryngoskopiaa. Molemmilla kanavilla on omat aukeamiskohtansa sekä proksimaalinen että distaalipäässä. Sen distalisessa päässä on pienempi mansetti ja keskikolmanneksessa suurempi mansetti, jotka täytetään ilmalla putken paikoilleen asettamisen jälkeen (kuva 9). Useimmiten putken distaalipää työntyy ruokatorven yläosaan, jolloin täytetty mansetti pitää putkea paikallaan ja toisaalta myös estää mahan sisällön nousemista nieluun suojaten näin aspiraatiolta.

Combituben käyttöön tiedetään liittyneen ruokatorven yläosan repeämiä, joiden on arveltu aiheutuvan distaalisen mansetin täytön seurauksena kohonneesta ruokatorven paineesta (Bagheri ym. 2008, Klein ym. 1997). Ruokatorven repeämiä huomattavasti yleisempiä ovat lievemmat ylähengitysteiden pehmytkudosvauriot. Gaitinin ym. tutkimuksessa niitä havaittiin lähes 30 %:lla nukutetuista potilaista, joiden hengitystie oli varmistettu Combitubella (Gaitini ym. 2001).

Putken lyhyempi kanava aukeaa distaalipäästään kurkunpään tasolla ja mahdollistaa hengitysilman ohjautumisen henkitorveen. Mikäli putkea asetettaessa putki työntyy henkitorveen, käytetään putken distaalipäähän aukeavaa pidempää kanavaa intubaatioputken kaltaisesti, jolloin lyhyempää kanavaa ei tarvitse käyttää lainkaan. Combitubea käytettäessä täytyy siis aina sen asettamisen jälkeen varmistaa kummasta kanavasta potilas ventiloituu. Väärän kanavan käyttö estää potilaan ventiloitumisen ja johtaa useimmiten potilaan mahalaukun täyttymiseen ilmalla.



KUVA 9. Combitube (Kurola 2006)

Tutkimusnäyttö Combituben käytön oppimisesta ja sen käyttämisen nopeudesta eivät puolla sen käyttöä muihin supraglottisiin menetelmiin verrattuna (Hüter ym. 2009, Russi ym. 2008). Hüter ym. tutkivat Combituben käytön oppimista lääketieteen opiskelijoilla ja Russi ym. tutkivat samaa asiaa ensihoitajilla. Sekä Hüterin että Russin tutkimukset tehtiin kuitenkin nukkemalleilla, mikä rajoittaa tutkimustulosten käytännön sovellettavuutta. Joissakin yksittäisissä Combituben käyttöä oikeilla potilailla selvittäneissä tutkimuksissa on sen käyttö kuitenkin osoittautunut jopa muita supraglottisia menetelmiä tehokkaammaksi. Japanilaisessa retrospektiivisessä tutkimuksessa Combitube oli kurkunpäänaamaria helpommin asetettavissa ja mahdollisti ventilaation kurkunpäänaamaria varmemmin (Tanigawa ja Shigematsu 1998). Myös kanadalaisessa tutkimuksessa, jossa verrattiin ensivasteen työntekijöiden Combituben ja kurkunpäänaamarin käyttöä elvytystilanteissa, Combituben asettaminen onnistui kurkunpäänaamariin verrattuna useammin (86 % vs. 73 %). Saman tutkimuksen yhteydessä toteutetun kyselytutkimuksen perusteella ensivasteen työntekijät myös mielsivät Combituben helpoimmin käytettäväksi hegitystien varmistusmenetelmäksi ja parhaaksi vaihtoehdoksi sydänpysähdyspotilaan ventilointiin (Rumball ja MacDonald 1997). On kuitenkin varsin huomionarvoista, että Combituben käytön onnistuminen näyttäisi useiden muiden tutkimusten perusteella onnistuvan vain n.

80 %:ssa tapauksista (Ochs ym. 2000, Tanigawa ja Shigematsu 1998, Rumball ja MacDonald 1997).

Suomessa Combituben käyttö on erittäin harvinaista (Kurola 2006a). Ensisijaisesti tämä johtunee siitä, että muut supraglottiset hengitystien varmistusmenetelmät (LT ja LMA) ovat yleistyneet Suomessa nopeasti, eikä Combitube tutkimusnäytön perusteella vaikuta tarjoavan muihin menetelmiin verrattuna merkittävää lisähyötyä.

### 3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lääketieteen opiskelijoiden avoimen hengitystien varmistamiseen liittyviä taitoja sekä eri hengitystien varmistusmenetelmien käyttökelpoisuutta simuloitussa elvytystilanteessa. Tutkimuksessa haluttiin vertailla Suomessa yleisimmin käytössä olevien hengitystien varmistusmenetelmien, intubaation, kurkunpäänaamarin ja kurkunpääputken välisiä eroja niiden asettamiseen kuluvan ajan ja hengitystien varmistamisen onnistumisen suhteen.

Tutkimusaineisto kerättiin Itä-Suomen yliopiston lääketieteen opiskelijoiden suorittaman, elvytys simulatorilla toteutetun elvytystentin yhteydessä vuosina 2011–2013. Tutkimuksessa kerätty tieto on osa opettajien suorittamaa opetuksen laadunvalvontaa.

Tutkimusaineiston perusteella pyritään pohtimaan lääketieteen opiskelijoille annettavan hengitystien varmistamiseen liittyvän opetuksen mahdollisia puutteita ja ongelmia. Erityisesti halutaan pohtia, onko perinteisesti suositellun endotrakeaalisen intubaation opettaminen lääketieteen opiskelijoille perusteltua ja tarpeellista.



## 4 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Tutkimusaineisto

Elvytystentti on osa Itä-Suomen yliopiston lääketieteen lisensiaatin tutkintoon kuuluvaa anestesiologian ja tehohoidon kurssikokonaisuutta vuosikurssilla 3. Tentti on toteutettu käyttäen Sim Man™ -potilassimulaattoria. Tentin aikana opiskelijat toimivat 3–4 hengen ryhmissä. Jokainen ryhmään kuuluva henkilö on vuorollaan elvytysryhmän johtaja, jonka tehtävänä on varmistaa elvytettävän hengitystie ja ohjata muun ryhmän toimintaa. Muut ryhmään kuuluvat opiskelijat vastaavat paineluelvytyksestä, defibrillaattorin käytöstä, suoniyhteyden avaamisesta ja elvytyslääkkeiden annostelemisesta. Kliininen opettaja tarkkailee tilannetta ja ohjailee potilassimulaattoria viereisestä huoneesta, josta hänellä on näkö- ja kuuloyhteys tenttitilaan.

Tutkimusaineisto kerättiin vuosina 2011–2013 toteutettujen elvytystenttien yhteydessä. Elvytystenttiä kulloinkin valvova kliininen opettaja kirjasi tutkimuslomakkeelle (ks. liite 1) tentin aikana ilmenneitä tapahtumia ja opiskelijoiden tekemiä hengitystien varmistamiseen liittyviä toimia. Lomakkeelle kirjatut asiat olivat:

- käytetty hengitystien varmistusmenetelmä (intubaatio/LT/LMA)
- onnistuneeseen hengitystien varmistamiseen tarvittujen yritysten lukumäärä
- hengitystien varmistamiseen kulunut aika
- hengitystien varmistamisesta aiheutuneen paineluelvytyksen keskeytymisen kesto
- keinot, joilla hengitystien varmistamisen onnistuminen kontrolloitiin (rintakehän liikkeiden tarkkailu, kapnometria, keuhkojen auskultointi)
- hengitystien varmistamisessa ilmenneet mahdolliset ongelmat (ei ongelmia, vähäisiä ongelmia, vakavia ongelmia).

Elvytystentissä vaihtoehtoisina hengitystien varmistusvälineinä olivat endotrakeaalinen intubaatio (laryngoskooppi ja intubaatioputki), kurkunpääputki (LT) sekä kurkunpäänaamari (LMA). Opiskelijat saivat itse valita käyttämänsä hengitystien varmistusvälineen. Varmistusvälinettä sai myös vaihtaa kesken tenttitilanteen.

Tutkimusaineistoksi saatiin kerättyä yhteensä 398 elvytystentissä täytettyä lomaketta. Lomakkeista kahdeksan oli virheellisesti tai puutteellisesti täytettyjä, jolloin lopulliseen tutkimusaineistoon otettiin mukaan yhteensä 390 lomaketta.

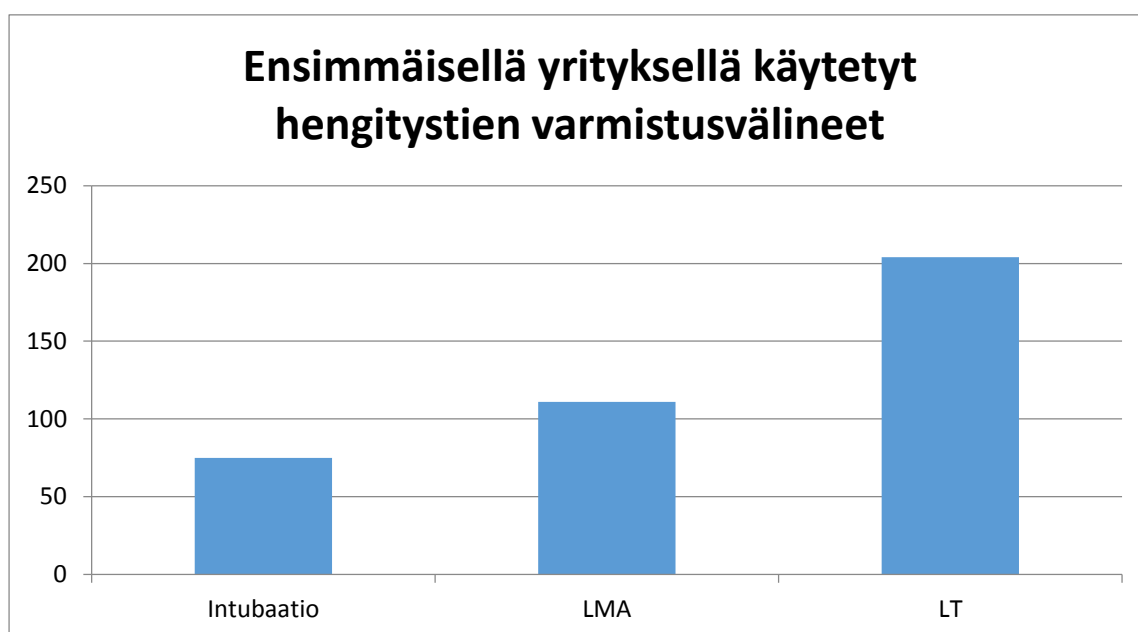
#### 4.2 Menetelmät

Tutkimuslomakkeisiin kerätyt tiedot kirjattiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan (Microsoft Corporation 2003). Luokkamuuttujat on esitetty numeerisina kokonaislukuina sekä prosenttiosuuksina. Jatkuvista muuttujista on esitetty keskiarvo, mediaani ja vaihteluväli. Tilastanalyysi on tehty SPSS-ohjelmalla (IBM Statistics SPSS versio 22). Pyrimme havaitsemaan mahdolliset tilastollisesti merkitsevät erot eri menetelmien välisessä onnistumisessa ensimmäisellä yrityksellä ja niiden käyttöön kuluneen ajan keskiarvoissa. Useamman kuin kahden luokan muuttujien vertailussa on käytetty Kruskal-Wallisin nonparametristä testiä. Luokkamuuttujien korrelaatioissa on käytetty  $\chi^2$ -testiä. Tilastollisen merkitsevyyden rajana on ryhmien vertailussa käytetty arvoa  $P < 0,05$  ja erittäin suuren tilastollisen merkitsevyyden rajana  $P < 0,01$ .

## 5 TULOKSET

### 5.1 Käytetyt välineet ja niiden käytön onnistuminen

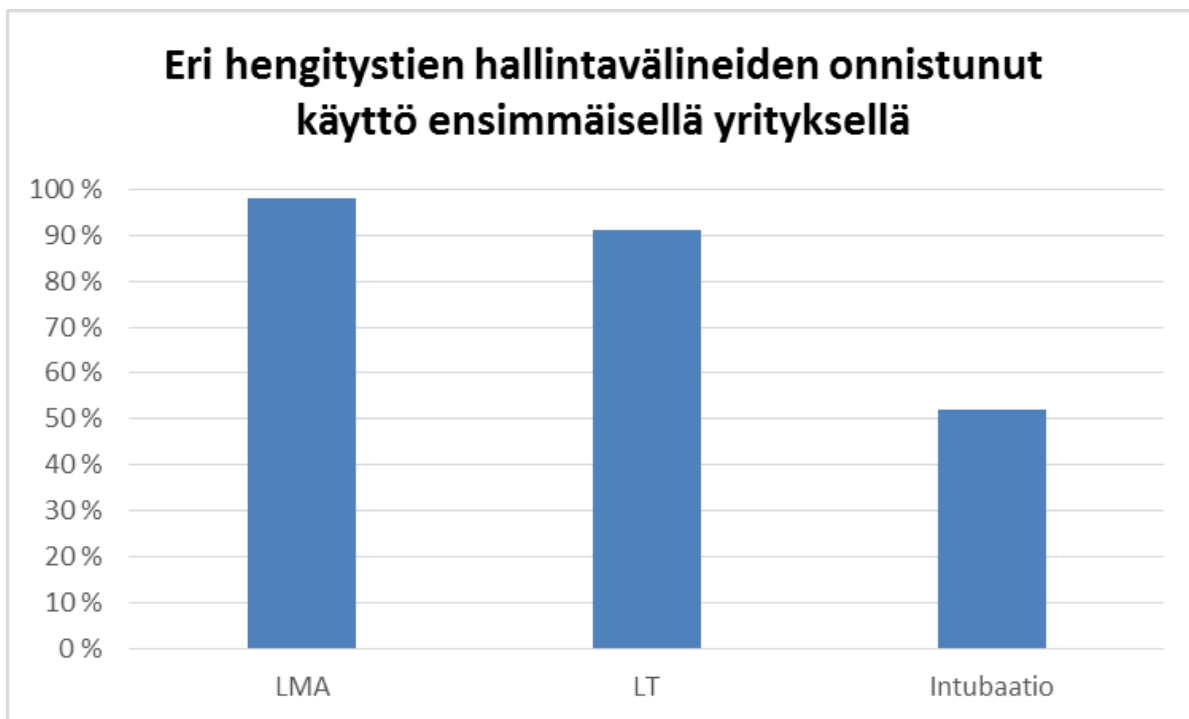
Elvytystentin aikana käytettäväksi ensimmäiseksi hengitystien varmistusvälineeksi opiskelijat valitsivat selvästi useimmiten kurkunpääputken ( $n = 204$ ; 52,3 %). Kurkunpäänaamarin valitsi ensimmäisellä yrityksellään yhteensä 111, eli 28,5 % opiskelijoista, Ensimmäisellä yrityksellään endotrakeaalista intubaatiota kokeili 75 henkilöä, eli noin 19,2 % opiskelijoista (kuvio 2).



KUVIO 2. Ensimmäisellä yrityksellä käytettyjen hengitystien varmistusvälineiden lukumäärät.

Yhteensä 334 eli noin 85,6 % opiskelijoista onnistui varmistamaan avoimen hengitystien ensimmäisellä yrityksellään. Lopuista 56 opiskelijasta 46 onnistui varmistamaan hengitystien toisella yrityksellään ja 10 opiskelijaa tarvitsi kolme yritystä onnistuneen hengitystien varmistamiseksi. Kaikki opiskelijat onnistuivat varmistamaan avoimen hengitystien, eikä kukaan tarvinnut yli kolmea yritystä onnistuakseen. Eri menetelmien keskinäisessä vertailussa havaittiin kurkunpäänaamarilla suoritettujen hengitystien varmistamisen onnistuneen kaikista varmimmin. Sen asetti onnistuneesti paikoilleen 109 opiskelijaa 111:sta eli 98,2 % sitä käyttäneistä. Kurkunpääputkea käyttäneillä hengitystien

varmistaminen ensimmäisellä yrityksellä onnistui 186:lla 204:stä eli noin 91,2 % sen valinneista opiskelijoista. Endotrakeaalisen intubaation onnistuminen oli edellisiä huomattavasti epävarmempaa: vain 39 opiskelijaa 75:stä eli 52 % intubaation valinneista, onnistui varmistamaan avoimen hengitystien ensimmäisellä intubaatioyrityksellään (kuvio 3). Tämä ero on tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,001$ )  $\chi^2$ -testin perusteella.

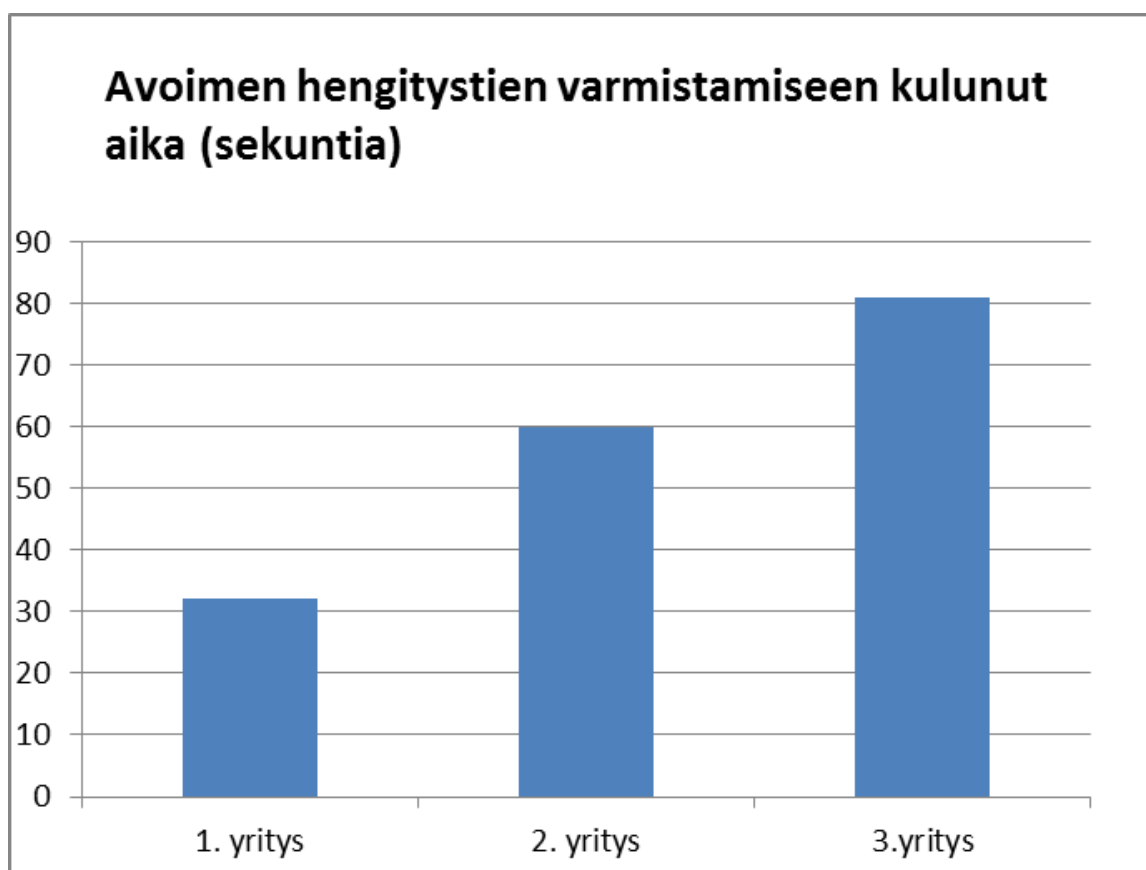


KUVIO 3. Eri hengitystien hallintavälineiden käytön onnistuminen.

## 5.2 Hengitystien varmistamiseen kulunut aika

Keskimääräinen onnistuneeseen hengitystien varmistamiseen kulunut aika koko aineistosta laskettuna oli 37 sekuntia. Onnistuneen hengitystien varmistamisen mediaaniaika oli 32 sekuntia. Aineiston nopein onnistunut suoritus oli kestoaltaan 5 sekuntia ja hitain 140 sekuntia.

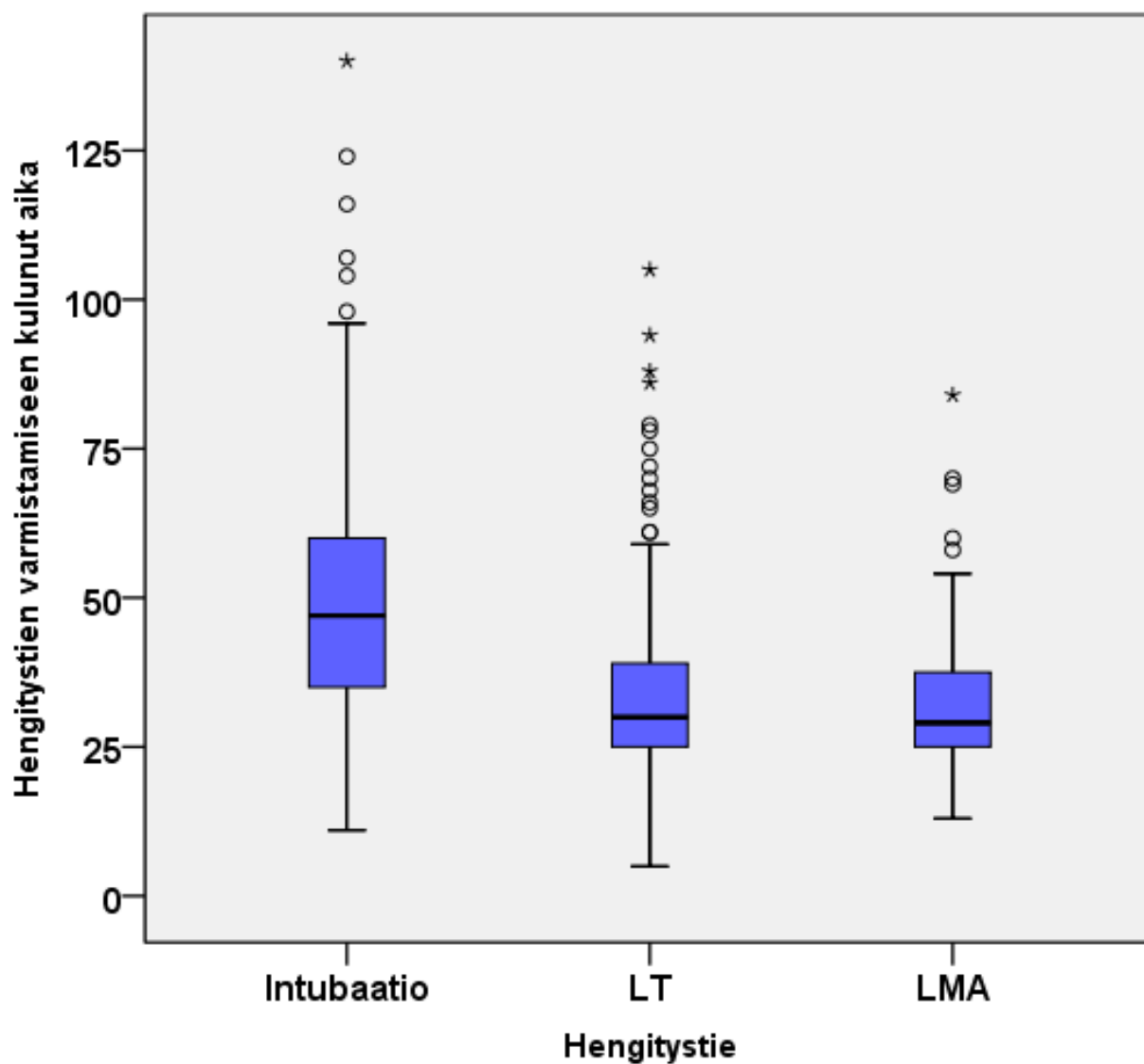
Niillä 334 opiskelijalla, joilla hengitystien varmistaminen onnistui ensimmäisellä yrityksellä, aikaa siihen kului keskimäärin 32 sekuntia. Toisella yrityksellään onnistuneilla opiskelijoilla aikaa onnistuneeseen hengitystien varmistamiseen kului keskimäärin yhteensä 60 sekuntia ja kolmannella yrityksellään onnistuneilla keskimäärin yhteensä 81 sekuntia (kuvio 4).



KUVIO 4. Onnistuneeseen hengitystien varmistamiseen kulunut keskimääräinen yhteenlaskettu aika yritysten määrän perusteella.

Eri hengitystien hallintamenetelmien keskinäisessä vertailussa, jossa huomioon otettiin vain ensimmäisellä yrityksellä onnistuneet suoritukset, kurkunpäänaamarin asettamiseen kului aikaa keskimäärin 31 sekuntia (mediaani 29 sekuntia, vaihteluväli 13–70 sekuntia).

Kurkunpääputken asettamiseen kulunut aika oli keskimäärin 32 sekuntia (mediaani 30 sekuntia, vaihteluväli 5–105 sekuntia). Ensimmäisellä yrityksellä onnistuneeseen intubaatioon kului aikaa keskimäärin 38 sekuntia (mediaani 39 sekuntia, vaihteluväli 11–60 sekuntia) (kuvio 5). Ero intubaation kestossa on tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,001$ ) verrattuna kurkunpäänaamarin ja kurkunpääputken asettamiseen (Kruskal-Wallis -testi).



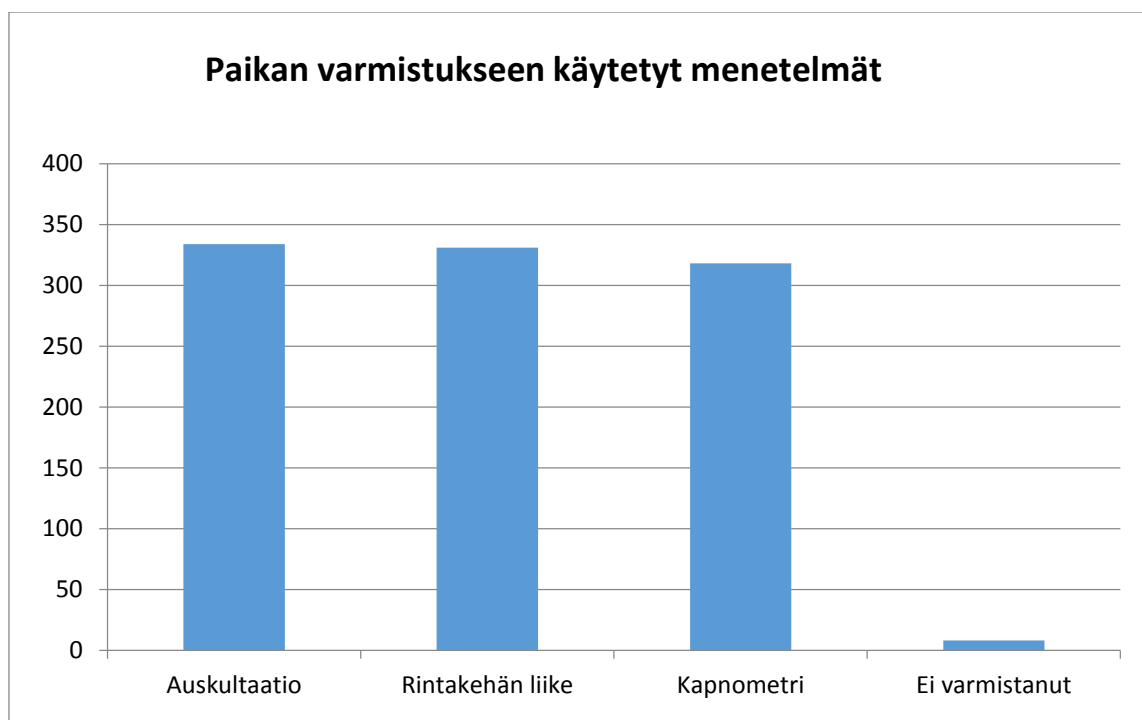
KUVIO 5. Ensimmäisellä yrityksellä onnistuneeseen hengitystien varmistukseen kulunut keskimääräinen aika. Suorakulmion ala- ja yläreunat osoittavat kvartiilivälin ja sen sisällä oleva vaakaviiva kuvaa mediaania; suorakulmiosta lähtevien pystyviivojen päät ilmoittavat koko vaihteluvälin.

### 5.3 Paineluelvytyksen keskeytyminen ja paikan varmistaminen

Tutkimusaineistossamme yhteensä 36 tapauksessa paineluelvytys jouduttiin keskeyttämään hengitystien varmistusyrityksen ajaksi. Kaikki näistä keskeytyksistä liittyivät intubaation suorittamiseen. Keskimääräinen intubaatiosta aiheutunut paineluelvytyksen keskeytymisen kesto oli aineistossamme 9 sekuntia (mediaani 8 sekuntia, vaihteluväli 2–28 sekuntia).

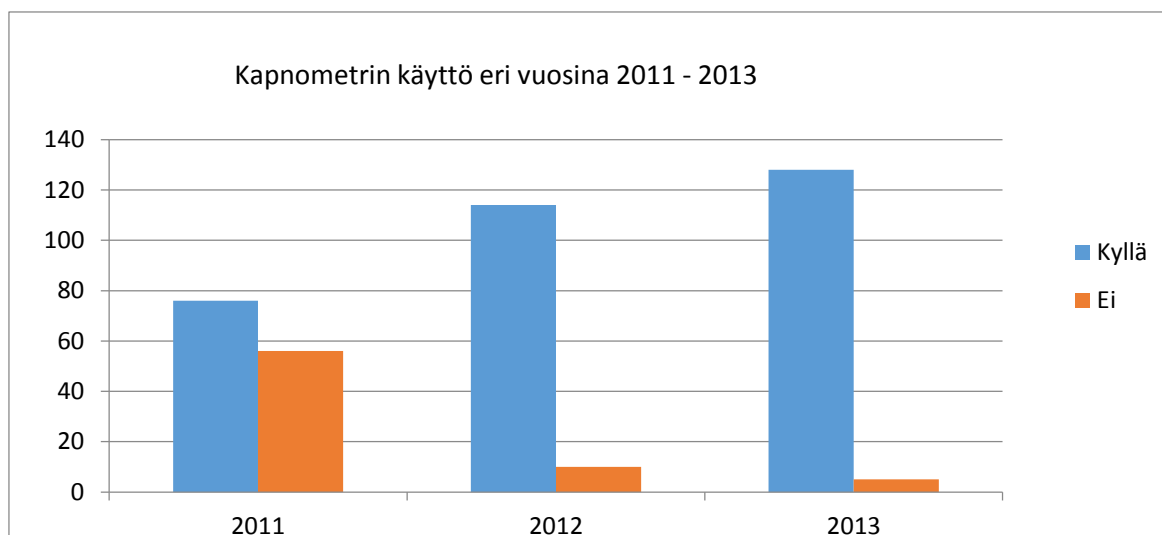
Supraglottisia hengitystien varmistusvälineitä käytettäessä ei hengitystien varmistamisesta aiheutunut yhtäkään paineluelvytyksen keskeytymistä.

Hengitystien varmistusvälineen oikean paikan varmistamisesta aiheutuneen paineluelvytyksen keskeytyminen kesti keskimäärin 7,2 sekuntia (mediaani 6 sekuntia, vaihteluväli 2–33 sekuntia). Keuhkojen auskultaatio sekä rintakehän tarkastelu olivat paikan varmistukseen yleisimmin käytetyt menetelmät. Auskultaation suoritti 334 opiskelijaa eli 86 % ja rintakehän liikkeiden tarkastelun 331 eli 85 % opiskelijoista. Kapnometria käytti 318 opiskelijaa eli 82 % kaikista. 8 opiskelijaa unohti paikan varmistuksen kokonaan (kuvio 6). Toisaalta vain 265 opiskelijaa (68 %) suoritti paikan varmistuksen suositusten mukaisesti eli kaikkia kolmea menetelmää käyttäen.



KUVIO 6. Hengitystien varmistusvälineen oikean paikan varmistamiseksi käytetyt menetelmät.

Tarkasteltaessa eri vuosien (2011–2013) välisiä aineistoja, voidaan havaita erityisesti kapnometrin käytön lisääntyneen (kuvio 7). Muutos johtuu siitä, että opettajat ottivat käyttöön simuloidun kapnometrin jokaisessa hengitystien hallintatilanteessa vuodesta 2012 alkaen.



KUVIO 7. Kapnometrin käyttö vuosina 2011–2013

#### 5.4 Ongelmat

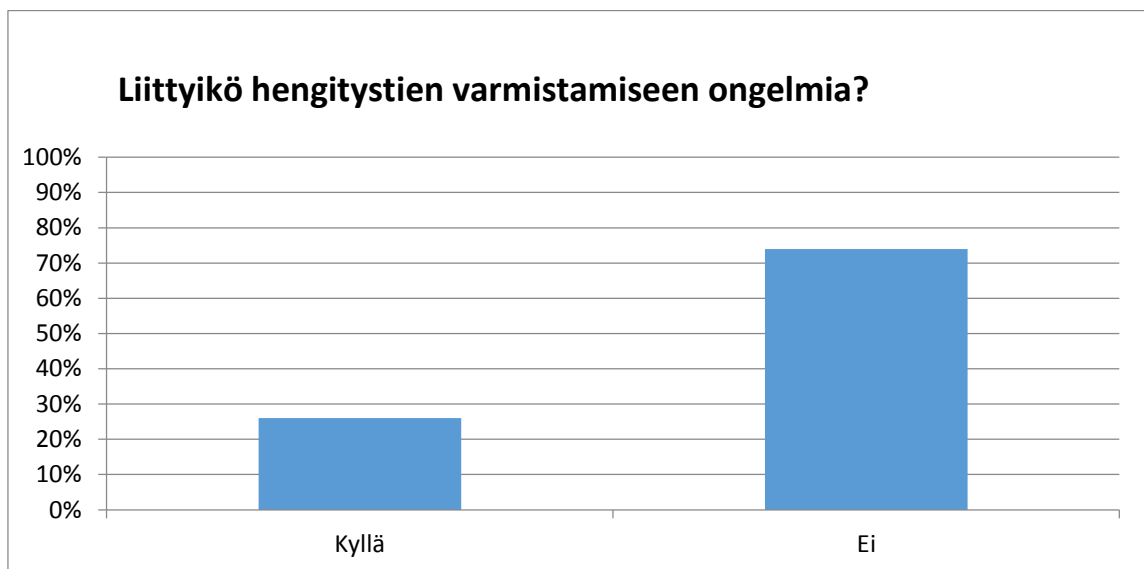
Tutkimuslomakkeelle merkittiin myös tentin aikana mahdollisesti ilmenneet, hengitystien varmistamiseen liittyneet ongelmat. Havaitut ongelmat jaoteltiin 5 eri luokkaan tenttiä seuraavan opettajan arvion perusteella (ks. taulukko 2).

TAULUKKO 2. Tutkimuslomakkeella käytetty, elvytystentissä ilmenneiden ongelmien luokitteluasteikko ja esimerkkejä kunkin vakavuusasteen ongelmista.

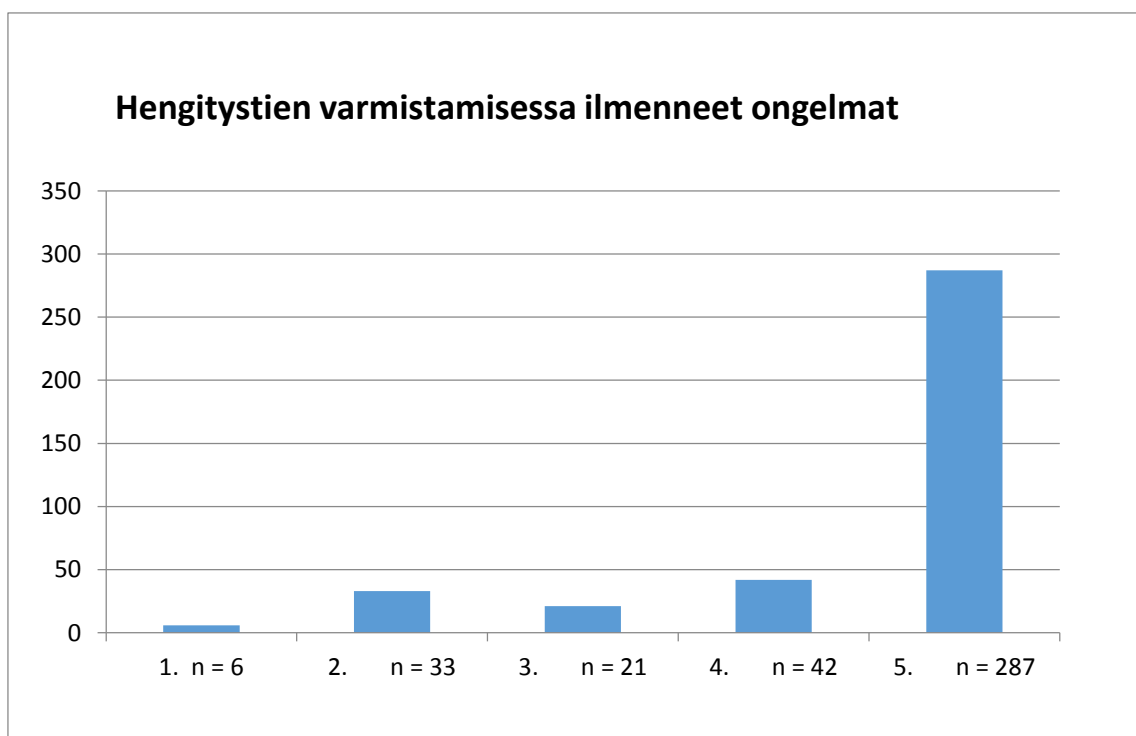
ONGELMIEN VAKAVUUS	ESIMERKKEJÄ ONGELMISTA
Vakavia ongelmia (serious)	Ruokatorvi-intubaatio
Suuria ongelmia (major)	Painelutauko yli 10 sekuntia
Merkittäviä ongelmia (major)	Puutteellinen ventilaatio, ilmakalvosin vuotaa
Vähäisiä ongelmia (minor)	2 tai useampi hengitystien varmistusyritys
Ei ongelmia	Ei ongelmia



Aineistossamme 287 opiskelijaa, eli 74 % kaikista, onnistui hengitystien varmistamisessa täysin ilman ongelmia. Vähäisiä ongelmia ilmeni 42:lla eli 11 %:lla opiskelijoista ja merkittäviksi luokiteltavia ongelmia 21:llä eli 5 %:lla opiskelijoista. Suuria ongelmia hengitystien varmistamiseen liittyen havaittiin 33:lla eli 8 %:lla, ja vakavaksi luokiteltuja ongelmia 6:lla eli noin 2 %:lla opiskelijoista (kuviot 8 ja 9).



KUVIO 8. Liittyikö hengitystien varmistamiseen ongelmia?



KUVIO 9. Hengitystien varmistamisessa ilmenneet ongelmat niiden vakavuuden mukaan luokiteltuina. 1. = vakavia ongelmia, 2. = suuria ongelmia, 3. = merkittäviä ongelmia, 4. = pieniä ongelmia, 5. = ei ongelmia.

## 6 POHDINTA

Avoimen hengitystien varmistaminen on tärkeä taito. Jokaisen työssään ihmisiä kohtaavan lääkärin tulisi ymmärtää avoimen hengitystien merkitys ja osata sen varmistamisen perustaidot.

Nykyään on saatavissa useita erilaisia hengitystien varmistamiseen tarkoitettuja välineitä, joiden toimintaperiaatteet ovat kuitenkin pääosin hyvin lähellä toisiaan. Suurin menetelmien välinen eroavaisuus on perinteisesti käytetyimmän intubaation ja uudempien niin sanottujen supraglottisten menetelmien erilainen paikalleen asettaminen: intubaation suorittaminen vaatii laryngoskopiaa, mutta supraglottisia välineitä käytettäessä ei laryngoskooppia tarvita. Laryngoskopian tarve intubaation yhteydessä lienee yksi merkittävimmistä syistä siihen, miksi intubaation oppiminen ja taidon ylläpitäminen on supraglottisiin menetelmiin verrattuna hankalaa. Samasta syystä johtuneen useissa tutkimuksissa havaittu intubaation hitaus sitä supraglottisiin menetelmiin verrattaessa. Elvytyksen aikaisen intubaation yhteydessä usein esiintyvien paineluelvytyksen keskeytysten tiedetään myös johtuvan useimmiten laryngoskopian suorittamisesta (Gruber ym. 2013, Wang ym.2009).

Myös tämä tutkimus vahvisti aiempia käsityksiä intubaation hitaudesta, sen vaikeudesta ja laryngoskopian aiheuttamista paineluelvytyksen keskeytymisistä. Tutkimusaineistossamme endotrakeaalinen intubaatio onnistui ensimmäisellä yrityksellä vain 52 %:lla sitä yrittäneistä opiskelijoista, mikä on useimpia aiheesta tehtyjä muita tutkimuksia pienempi määrä (Sayre ym. 1998, Bradley ym. 1998, Jacobs ym. 1983). Onnistuneenkin intubaation suorittaminen kesti pidempään kuin onnistunut kurkunpääputken tai kurkunpäänaamarin asettaminen. Erot intubaation ja supraglottisten menetelmien välisessä kestossa olivat myös tilastollisesti merkitseviä.

Elvytettävän potilaan verenkierto on täysin riippuvainen jatkuvasta rintakehän painelusta, jolloin tauko painelussa romahduttaa verenkierron jo muutamien sekuntien kuluessa. Edelleen tiedetään, että painelutauon jälkeen tarvitaan jopa yli minuutin kestoista jatkuvaa painelua, jotta verenkierto saadaan palautettua painelutaukoa edeltäneelle tasolle (Steen ym. 2003). Cheskesin ym. tutkimuksessa havaittiin paineluelvytyksen aikaisten taukojen keston myös olevan suoraan verrannollisesti yhteydessä suurempaan kuolleisuuteen

(Cheskes ym. 2011). Elvytyksen aikana saatetaan rintakehän painelu keskeyttää monesta eri syystä, kuten pulssin tunnustelun, hengitystien varmistamisen, hengitystien hallintavälineen paikan varmistuksen, rytmin analysoinnin ja defibrillaation vuoksi. Edellä mainituista syistä johtuen tulisi nämä tauot paineluelvytyksessä pyrkiä aina minimoimaan. Hengitystien varmistuksen aikaiset tauot paineluelvytyksessä eivät ole välttämättömiä ja siksi niitä tulisikin välttää. Toisaalta endotrakeaalisen intubaation suorittaminen voi olla erittäin hankalaa keskeytymättömän paineluelvytyksen aikana, koska rintakehän painelu saattaa häiritä laryngoskopian suorittamista. Onnistuneen hengitystien varmistuksen toteaminen sen sijaan vaatii useimmiten hetkellistä paineluelvytyksen keskeytystä rintakehän liikkeiden havaitsemiseksi.

Keskeytyksettömän paineluelvytyksen tärkeyden vuoksi elvytystentin yhteydessä mitattiin hengitystien varmistamisesta mahdollisesti aiheutuneiden painelutaukojen kestoja. Myös käytetyn hengitystien varmistusvälineen oikean sijainnin varmistukseen kulunut aika ja keinot, joilla onnistuminen varmennettiin, kirjattiin tutkimuslomakkeille. Aineistossamme havaittiin paineluelvytyksen keskeytyneen hengitystien varmistamisen vuoksi yhteensä 36 tapauksessa. Kaikki keskeytykset liittyivät intubaation suorittamiseen. Aiheutuneiden painelutaukojen keskiarvo oli 9 sekuntia, mikä on riittävän pitkä tauko romahduttamaan ennen taukoa paineluelvytyksellä saavutetun verenkierron.

Hengitystien varmistamisen jälkeen suositellaan aina tarkistamaan käytetyn välineen sijainti oikeassa paikassa. Näin pyritään ehkäisemään vaaralliset toimenpiteeseen liittyvät komplikaatiot, kuten ruokatorvi-intubaatio ja välineen väärästä sijainnista johtuvat keuhkojen ilmastoitumisen ongelmat. Menetelmiä, joilla hengitystien varmistusvälineen oikeaa sijaintia voidaan arvioida, ovat keuhkojen auskultaatio, rintakehän liikkeiden tarkastelu sekä uloshengityksen hiilidioksidipitoisuutta mittaavan kapnometrin ja kapnografian käyttö. Mikään käytetyistä menetelmistä ei ole täysin varma, joten on suositeltavaa käyttää kaikkia kolmea menetelmää aina kun mahdollista. Menetelmistä rintakehän liikkeiden tarkastelu ja keuhkojen auskultaatio vaativat hetkellistä paineluelvytyksen keskeytystä.

Tutkimuksessa lääketieteen opiskelijoiden suorittamaan hengitystien hallintavälineen oikean paikan varmistukseen liittyi huomattavia puutteita, sillä vain 68 % opiskelijoista suoritti paikan varmistuksen suositusten mukaisesti eli kaikkia kolmea menetelmää

käyttäen. Paikan varmistuksessa vähiten käytetty menetelmä oli kapnometria, jota käytti aineistossamme vain 82 % opiskelijoista. Kapnometrin käyttö lisääntyi vuoden 2011 jälkeen huomattavasti, kun siihen oli opetuksessa kiinnitetty erityistä huomiota. Elvytystenttiä edeltävässä taitopajaharjoittelussa opettaja huolehti, että jokaisella kerralla opiskelija liitti simuloidun kapnometrin paikoilleen ennen ventilaation aloittamista. Tämä osoittaa sen, että systemaattisella muutoksella opetuksessa voidaan saada aikaan muutos koko opiskelijaryhmän osaamisessa. Valitettavasti tämä tutkimus ei kerro, onko oppimistulos pysyvä.

Kapnometria ja erityisesti aaltomuotoinen kapnografia ovat tuoneet kaivattua lisähelpotusta hengitystievälineen oikean paikan varmistukseen. Siinä missä perinteisesti käytettyjen keuhkoauskultaation ja rintakehän liikkeiden tarkastelun perusteella tehty paikan varmistus saattaa olla virheellinen jopa 30 %:ssa tapauksista, on aaltomuotoista kapnografiaa käyttäen saavutettu jopa 100 %:n sensitiivisyys- ja spesifisyysarvoja (Rudraraju ja Lewis 2009, Knapp ym. 1999). Aaltomuotoista kapnografiaa ei elvytystentissä ollut käytettävissä. Aaltomuotoisen kapnografian käyttö ensihoidossa ja sairaaloiden päivystyspisteissä tulee todennäköisesti lähivuosina yleistymään. Koska sen sensitiivisyys ja spesifisyys oikean paikan varmistuksessa ovat perinteisiin menetelmiin verrattuna ylivoimaisia, on syytä pohtia, voisiko se jopa kokonaan korvata perinteiset paikan varmistukseen käytetyt menetelmät. Erityisesti rintakehän liikkeiden tarkastelun sekä keuhkoauskultaation tarpeellisuutta tulisi arvioida kriittisesti, koska niiden suorittaminen vaatii hetkellisiä, elvytettävän potilaan verenkierron mahdollisesti romahduttavia paineluelvytyksen keskeytyksiä.

Ensiarvoisen tärkeää hätätilanteissa ei ole se, millä välineellä avoin hengitystien varmistetaan, vaan se, että hengitystie saadaan hätätilanteissa varmistettua mahdollisimman nopeasti ja turvallisesti. Siksi olisikin perusteltua pyrkiä opettamaan lääketieteen opiskelijoille ja lääkäreille sellaista hengitystien varmistamismenetelmää, jonka oppiminen olisi helppoa ja jonka käytön osaaminen olisi helppoa pitää hyvällä tasolla. Elvytyksen Käypä hoito -suosituksen mukaan intubaation suorittaminen tulisi jättää ensisijaisesti vain ensihoito-, anestesia- ja tehohoitolääkäreiden tehtäväksi. Useimpien lääkäreiden tulisi ensisijaisesti käyttää supraglottisia hengitystien varmistusmenetelmiä (Elvytys: Käypä hoito -suositus 2011).

Tämän tutkimuksen tulokset puoltavat Käypä hoito -suosituksessa annettuja ohjeita: supraglottisten välineiden käyttö onnistui intubaatiota huomattavasti useammin, niiden käyttö oli intubaatiota nopeampaa ja niiden käyttöön liittyi selkeästi vähemmän paineluelvytyksen keskeytyksiä intubaatioon verrattuna. On toki huomioitava, että tämän tutkimuksen aineisto koottiin elvytyssimulaattorilla toteutetusta elvytystentistä. Todellisissa, oikeita potilaita sisältävissä elvytystilanteissa kenttäolosuhteissa ei voida olettaa hengitystien varmistamisen onnistuvan yhtä usein kuin tässä tutkimuksessa. On kuitenkin perusteltua olettaa, että erot intubaation ja supraglottisten menetelmien välillä kasvaisivat kenttäolosuhteissa entistään selkeämmiksi. Laryngoskopian suorittamista hätätilanteessa voivat hankaloittaa merkittävästi muun muassa potilaan vaikea asento, vaihteleva nielun ja kurkunpään anatomia, suun ja nielun alueen vammat sekä nielussa mahdollisesti olevat eritteet.

Eri maissa tehtyjen tutkimusten perusteella tiedetään, että lääkärin kohtaamat tilanteet, joissa hengitystien varmistamista tarvitaan, ovat varsin harvinaisia (Länkimäki ym. 2013, Shahridan ym. 2010, Sackles ym. 1998). Asiantuntija-arvioiden mukaan tarvittaisiin vähintään noin 80 intubaatiosuoritusta, ennen kuin lääkärin voitaisiin olettaa osaavan intuboida hyväksyttävällä tasolla (Graham 2004). Vaikka intubaation olisikin jossain vaiheessa kunnolla oppinut, tulisi myös vuotuisen intubaatiofrekvenssin olla riittävä, jotta voitaisiin olettaa taidon pysyvän kohtuullisena. Jos suomalainen ensihoitaja intuboi keskimäärin vain noin kerran vuodessa (Länkimäki ym. 2013), on todennäköistä, että suomalainen lääkäri intuboi keskimäärin vielä tätäkin harvemmin. Näin vähäisillä määrillä ei riittävää intubaatiotaitoa ole mahdollista pitää yllä.

Vaikka tieto intubaation vaikeasta oppimisesta, siihen liittyvistä riskeistä ja taidon ylläpitämiseen riittämättömistä intubaation määristä ovat yleisessä tiedossa, opetetaan Suomessa edelleen lääketieteen opiskelijoita intuboimaan. On mahdollista, että vähäinenkin intubaation käytännön opetus madaltaa henkilön kynnystä käyttää intubaatiota supraglottisten menetelmien sijasta myös todellisissa hätätilanteissa, jolloin puutteellinen intubaation osaaminen saattaa vakavasti vaarantaa potilaan terveyden.

Miten avoimen hengitystien varmistamista sitten tulisi opettaa lääketieteen opiskelijoille? Tässä tutkielmassa esiteltiin tutkimusnäyttöön nojaten esitän mielipiteenäni, että intubaatio-opetuksen tarpeellisuutta ja järkevyyttä osana lääketieteen lisenssiaatin

tutkintoa tulisi vakavasti uudelleen arvioida. Opetusresurssien vapautuminen lisäisi myös mahdollisuutta antaa laadukkaampaa ja runsaampaa hengitystien varmistuksen opetusta supraglottisia menetelmiä käyttäen.

Tämän tutkimuksen rajoitteena voidaan pitää sen toteuttamista potilassimulaattoria apuna käyttäen: eri välineiden käyttöön liittyneiden onnistumisprosenttien ei voida olettaa vastaavan todellisissa elvytystilanteissa mahdollisesti saavutettavia onnistumisprosentteja. Toisaalta potilassimulaattorin käytölle ei ole olemassa järkeviä ja eettisesti perusteltuja vaihtoehtoja tämän kaltaisen tutkimuksen toteuttamiseksi. Tarvittaisiin ensihoidon ammattilaisilla toteutettuja satunnaistettuja kokeellisia tutkimuksia eri hengitystien varmistusvälineiden käytöstä todellisissa elvytys- ja hätätilanteissa, jotta niiden kunnollinen vertailu olisi mahdollista.

Uutena tutkimusaiheena esiin nousi suomalaisten lääkäreiden (pois lukien ensihoito-, anestesiologi- ja tehohoito-lääkäreiden) työssään kohtaamien hengitystien varmistusta vaativien tilanteiden yleisyyden selvittäminen.

## LÄHDELUETTELO

- Adams JN, Sirel J, Marsden K, Cobbe SM. Heartstart Scotland: the use of paramedic skill in out of hospital resuscitation. *Heart*. 1997; 78:399-402.
- Alexander R, Hogson P, Lomax D, Bullen C. A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway, bag and facemask for manual ventilation following formal training. *Anaesthesia* 1993; 3:231-234.
- Amantea SL, Piva JP, Sanches PRS, Palombini BC. Oropharyngeal aspiration in pediatric patients with endotracheal intubation. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5(2): 1526.
- Aufderheide TP, Lurie KG. Death by hyperventilation: a common and life-threatening problem during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2004;32(9): 345-351.
- Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirrallo RG ym. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004; 109(16): 1960-5.
- Bagheri SC, Stockmaster N, Delgado G ym. Esophageal rupture with the use of the Combitube: a report of a case and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008; 66(5): 1041-4.
- Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA. Assisted ventilation during 'bystander' CPR in a swine acute myocardial infarction model does not improve outcome. *Circulation* 1997; 96(12): 4364-71.
- Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation necessary? *Circulation* 1993; 88(4): 1907-1915.
- Berg RA, Sanders AB, Kern KB ym. Adverse Hemodynamic Effects of Interrupting Chest Compressions for Rescue Breathing During Cardiopulmonary Resuscitation for Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. *Circulation* 2001; 104(20): 2465-2470.
- Berg RA, Wilcoxson D, Hilwig RW ym. The need for ventilatory support during bystander CPR. *Ann Emerg Med* 1995; 26: 342-350.
- Berlac P, Hyldmo P. K, Kongstad P, Kurola J ym. Pre-hospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesth Scand* 2008; 7:897-907.
- Bernard SA, Nguyen V, Cameron P ym. Prehospital rapid sequence intubation improves functional outcome for patients with severe traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *Ann Surg*. 2010; 252(6):959-965.

- Berrouschot J, Rössler A, Köster J, Schneider D. Mechanical ventilation in patients with hemispheric ischemic stroke. *Crit Care Med* 2000; 28(8): 2956-2961.
- Bickenbach J, Schälte G, Beckers S, Fries M, Derwall M, Rossaint R. The intuitive use of laryngeal airway tools by first year medical students. *BMC Emerg Med*. 2009; 9:18.
- Bobrow BJ, Ewy GA. Ventilation during resuscitation efforts for out-of-hospital primary cardiac arrest. *Current Opinion Crit Care* 2009; 15:228-233.
- Bradley JS, Billows GL, Olinger ML ym. Prehospital oral endotracheal intubation by rural basic emergency medical technicians. *Ann Emerg Med* 1998; 32:26-32.
- Brimacombe JR, Berry A. The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature. *J Clin Anesth*. 1995; 7(4): 297-305.
- Brønnum-Hansen H, Davidsen M, Thorvaldsen P. Long-term survival and causes of death after stroke. *Stroke* 2001; 32: 2131-213.
- Campbell J, Michalek MD. I-gel supraglottic airway for rescue airway management and as a conduit for tracheal intubation in a patient with acute respiratory failure. *Resuscitation* 2009; 80(8):963.
- Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Ionomu E, Arvedi M. Tripling survival from sudden cardiac arrest via early defibrillation without traditional education in cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2002; 106(9): 1065-70.
- Castle N, Owen R, Hann M, Naidoo R, Reeves D. Assessment of the speed and ease of insertion of three supraglottic airway devices by paramedics: a manikin study. *Emerg Med J*. 2010; 27(11): 860-863.
- Chen L, Hsiao AL. Randomized trial of endotracheal tube versus laryngeal mask airway in simulated prehospital pediatric arrest. *Pediatrics*. 2008; 122(2): 294-7.
- Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J ym. Perishock pause: an independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest. *Circulation* 2011; 124(1):58-66.
- Chestnut RM, Marshall LE, Klauber MR ym. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *J Trauma*, 1993, 34: 216-222.
- Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS. Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1992; 21(12): 1464-67.



- Cobb LA, Fahrenbruch CE, Walsh TR ym. Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. JAMA 1999; 281(13): 1182-8.
- Cunningham LM, Mattu A, O'Connor RE, Brady WJ. Cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: the importance of uninterrupted chest compression in cardiac arrest resuscitation. Am J Emerg Med 2012; 30(8): 1630-1638.
- Davis DP, Peay J, Serrano JA ym. The impact of aeromedical response to patients with moderate to severe traumatic brain injury. Ann Emerg Med 2005; 2: 115-122.
- Davis DP. Early ventilation in traumatic brain injury. Resuscitation 2008; 76(3):333-340.
- De Oliveira Filho GR. The construction of Learning curves for Basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method. Anesth Analg 2002; 95:411-6.
- Deakin CD, Nolan JP, Soar J, ym. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 4. Adult Advanced Life Support. Resuscitation 2010; 81: 1305-52.
- Deakin CD, King P, Thompson F. Prehospital advanced airway management by ambulance technicians and paramedics: is clinical practice sufficient to maintain skills? Emerg Med J 2009; 26 :888-891.
- Doerges V, Sauer C, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P. Airway management during cardiopulmonary resuscitation - a comparative study of bag-valve-mask, laryngeal mask airway and Combitube in a bench model. Resuscitation 1999 41(1):63-9.
- Eckstein M, Chan L, Schneir A, Palmer R. Effect of Prehospital Advanced Life Support on outcomes of Major trauma patients. J Trauma 2000; 48(4):643-648.
- Elvytys Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2011 (viitattu 2.6.2014). Saatavilla internetissä: [www.käypähoito.fi](http://www.käypähoito.fi).
- Ewy GA, Kern KB. Recent advances in cardiopulmonary resuscitation. J Am Coll Cardiology 2009; 53: 149-157.

- Fischer H, Hochbrugger E, Fast A, ym. Performance of supraglottic airway devices and 12 month skill retention: a randomized controlled study with manikins. *Resuscitation* 2011; 82(3): 326-31.
- Gaitini LA, Vaida SJ, Mostafa S ym. The Combitube in elective surgery: a report of 200 cases. *Anesthesiology* 2001; 1: 79-82.
- Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, ym. Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *JAMA*. 2000; 283:783-90.
- Graham C A. Advanced airway management in the emergency department: what are the training and skills maintenance needs for UK emergency physicians? *Emerg Med J*. 2004; 21: 14-19.
- Gruber C, Nabecker S, Wohlfarth P ym. Evaluation of airway management associated hands-off time during cardiopulmonary resuscitation: a randomized manikin follow-up study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013; 21:10.
- Guyton A.C, Hall J.E Textbook of Medical Physiology 2006 11<sup>th</sup> edition s. 531-532, 767.
- Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med* 2000;342(21):1546-53.
- Hanif MA, Kaji AH, Niemann JT. Advanced airway management does not improve outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *Acad Emerg Med* 2010; 17(9): 926–31.
- Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DF. Association of prehospital advanced airway management with neurologic outcome and survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2013; Jan16;309(3):257-66.
- Heffner AC, Swords DS, Neale MN, Jones AE. Incidence and Factors Associated with Cardiac Arrest Complicating Emergency Airway Management. *Resuscitation*; 2013; 84: 1500-1504.
- Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Low chance of survival among patients requiring adrenaline (epinephrine) or intubation after out-of-hospital cardiac arrest in Sweden. *Resuscitation* 2002; 54: 37-45.
- Hüpfel M, Selig H, Nagele P. Chest-compression only versus standard cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis. *Lancet* 2010; 376: 1552-1557.

- Húter L, Schwarzkopf K, Rödiger J, Preussler NP, Schreiber T. Students insert the laryngeal tube quicker and more often successful than the esophageal-tracheal Combitube in a manikin. *Resuscitation* 2009; 80: 930-934.
- Iwami T, Kitamura T, Kawamura T ym. Chest compression-only cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest with public-access defibrillation: a nationwide cohort study. *Circulation* 2012; 126: 2844-51.
- Jacobs LM, Berrizbeitia LD, Bennett B, Madigan C. Endotracheal intubation in the prehospital phase of emergency medical care. *JAMA* 1983; 16: 2175-2177.
- Juntunen J. Alkoholin akuutit hermostovaikutukset. *Suomen Lääkärilehti* 2011; 21: 1741-1743.
- Jäntti Helena. Hengitystien hoito sairaalan ulkopuolella PSSHP:n ensihoitopalvelussa. Kuopion yliopistollinen sairaala. Työohje. OHJE 2014-00747.
- Kerrey BT, Rinderknecht AS, Geis GL, Nigrovic LE, Mittiga MR. Rapid sequence intubation for pediatric emergency patients: higher frequency of failed attempts and adverse effects found by video review. *Ann Emerg Med*. 2012;60:251-259.
- Kingsbury D. Paramedic RSI remains difficult to advocate. *Ann Surg*. 2014;295: e80.
- Klein H, Williamson M, Sue-Ling HM, Vucevic M, Quinn AC. Esophageal rupture associated with the use of the Combitube. *Anesth Analg*. 1997; 85: 937-9.
- Koga K, Sata T, Kaku M, Takamoto K, Shigematsu A. Comparison of no airway device, the Guedel-type airway and the cuffed oropharyngeal airway with mask ventilation during manual in-line stabilization. *J.Clin Anesth* 2001; 1:6-10.
- Komatsu R, Kasuya Y, Yogo H ym. Learning curves for bag-and-mask ventilation and orotracheal intubation: an application of the cumulative sum method. *Anesthesiology* 2010; 112: 1525-31.
- Konrad C, Schiipfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg* 1998; 86:635-639.
- Kopacz DJ, Neal JM, Pollock JE. The regional anesthesia "learning curve". What is the minimum number of epidural and spinal blocks to reach consistency? *Reg Anesth* 1996; 21: 182-90.

- Koster R, Baubin M, Bossaert L ym. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2010; 81:1277-1292.
- Krause S, Donen N. Gastric rupture during cardiopulmonary resuscitation. *Can Anaesth Soc J.* 1984; 31(3):319-322.
- Kurola J, Harve H, Kettunen T ym. Airway management in cardiac arrest—comparison of the laryngeal tube, tracheal intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation* 2004; 61:149-53.
- Kurola J, Pere P, Niemi-Murola L ym. Comparison of airway management with the intubating laryngeal mask, laryngeal tube and CobraPLA® by paramedical students in anaesthetized patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2006; 50: 40-44.
- Kurola J, Turunen M, Laakso J-P, Gorski J, Paakkonen H, Silfvast T. A comparison of the laryngeal tube and bag-valve mask ventilation by emergency medical technicians: a feasibility study in anesthetized patients. *Anesth Analg* 2005; 101: 1477-81.
- Kurola J. Hengitystien hallinta ensihoidossa: milloin, miten, missä ja kenen toimesta? *Finnanest* 2006; 39: 291-296.
- Länkimäki S, Alahuhta S, Kurola J. Feasibility of a laryngeal tube for airway management during cardiac arrest by first responders. *Resuscitation* 2013; 84: 446-449.
- Lawes EG, Baskett PJ. Pulmonary aspiration during unsuccessful cardiopulmonary resuscitation. *Intensive Care Med.* 1987; 6: 379-382.
- Li J. Capnography alone is imperfect for endotracheal tube placement confirmation during emergency intubation. *J Emerg Med.* 2001; 20(3):223-229.
- Meisenberg G, Simmons W.H. *Principles of Medical Biochemistry* 2006 2nd ed s.401-2.
- Milam MG, Miller KS. Aspiration of an artificial nasopharyngeal airway. *Chest* 1988; 93: 223-4.
- Mobbs PA. Retained nasopharyngeal airway. *Anesthesia.* 1989; 44:447.
- Murray JA, Demetriades D, Berne TV ym. Prehospital intubation in patients with severe head injury. *J Trauma.* 2000;49:1065-1070.
- Muzzi DA, Losasso TJ, Cucchiara RF. Complication from a nasopharyngeal airway in a patient with a basilar skull fracture. *Anesthesiology* 1991; 74(2):366-368.

- Myerburg RJ, Fenster J, Velez M ym. Impact of community-wide police car deployment of automated external defibrillators on survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002; 106: 1058-64.
- Mäkijärvi (toim.). *Akuuttihoito-opas* 2011 15-17. uudistettu painos: s.21.
- Nagao T, Kinoshita K, Sakurai A ym. Effects of bag-mask versus advanced airway ventilation for patients undergoing prolonged cardiopulmonary resuscitation in pre-hospital setting. *J Emerg Med* 2012; 42: 162-170.
- Nichol G, Thomas E, Callaway CW ym. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome. *JAMA* 2008; 300: 1423–31.
- Noc M, Weil MH, Tang W, Turner T, Fukui M. Mechanical ventilation may not be essential for initial cardiopulmonary resuscitation. *Chest* 1999; 108: 821-27.
- Ochs M, Vilke GM, Chan TC, Moats T, Buchanan J. Successful prehospital airway management by EMT-Ds using the Combitube. *Prehosp Emerg Care* 2000; 4: 333-337.
- Pepe PE, Copass MK, Joyce TH. Prehospital endotracheal intubation: rationale for training emergency medical personnel. *Ann Emerg Med* 1985;14:1085-92.
- Pepe PE, Zachariah BS, Chandra NC. Invasive airway techniques in resuscitation. *Ann Emerg Med* 1993; 22:393-403.
- Perkins ZB, Wittenberg MD, Nevin D, Lockey DJ, O’Brien B. The relationship between head injury severity and hemodynamic response to tracheal intubation. *J Trauma* 2013;74: 1074-1080.
- Pitts S, Kellermann AL. Hyperventilation during cardiac arrest. *Lancet*. 2004; 364: 313-315.
- Pöyhiä R. Lääkärin käsikirja Hengitystien hallinta hätätilanteissa 4.6.2013 saatavilla: <http://www.terveysportti.fi.ezproxy.uef.fi:2048/dtk/ltk/koti>. luettu 4.6.2014.
- Raatikainen PMJ, Mäkynen H. Henkeä uhkaavien rytmihäiriöiden tutkimukset ja hoito. *Suomen Lääkärilehti* 2014; 69(5): 311-318.
- Raatiniemi L, Länkimäki S, Martikainen M. Pre-hospital airway management by non-physicians in Northern Finland – a cross-sectional survey. *Acta Anaesth Scand* 2013; 57:654-9.

- Reinhardt DJ, Simmons G. Comparison of placement of the laryngeal mask airway with endotracheal tube by paramedics and respiratory therapists. *Ann Emerg Med*. 1994; 24: 260-263.
- Rognås L, Hansen TM, Kirkegaard H, Tønnesen E. Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013; 21: 58.
- Rudraraju P, Lewis AE. Analytic Review: Confirmation of Endotracheal Tube Position: A Narrative Review. *J Int Care Med* 2009; 24: 283-292.
- Ruetzler K, Gruber C, Nabecker S ym. Hands-off time during insertion of six airway devices during cardiopulmonary resuscitation: a randomized manikin trial. *Resuscitation* 2011; 82(8): 1060-1063.
- Ruetzler K, Roessler B, Potura L ym. Performance and skill retention of intubation by paramedics using seven different airway devices – a manikin study. *Resuscitation* 2011; 82(5): 593-597.
- Rumball CJ, MacDonald D. The PTL, Combitube, laryngeal mask and oral airway: a randomized prehospital comparative study of ventilatory device effectiveness and cost-effectiveness in 470 cases of cardiorespiratory arrest. *Prehosp Emerg Care*. 1997;1:1-10.
- Russi CS, Miller L, Hartley MJ. A comparison of the King-LT to endotracheal intubation and Combitube in a simulated difficult airway. *Prehosp Emerg Care* 2008; 12: 35-41.
- Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heue JF. Transfer of airway skills from manikin to patient: success of ventilation with facemask or LMA-supreme™ by medical students. *Anaesthesiology* 2013; 68:1124-1131.
- Sackles JC, Laurin EG, Rantapaa AA, Panacek EA. Airway Management in the Emergency Department: A One-Year Study of 610 Tracheal Intubations. *Ann Emerg Med* 1998; 31: 325-332.
- Samson RA, Nadkarni VM, Meaney PA, Carey SM, Berg MD, Berg RA, Outcomes of in-hospital ventricular fibrillation in children. *N Eng J Med* 2006;354:2328-39.
- Santoli F, De Jonghe B, Hayon J ym. Mechanical ventilation in patients with acute stroke: survival and outcome at one year. *Int Care Med* 2001; 27: 1141-1146.

- Sayre MR, Sakles JC, Mistler AF ym. Field trial of endotracheal intubation by basic EMTs. *Ann Emerg Med* 1998; 31:228-33.
- Schade K, Borzotta A, Michaels A. Intracranial malposition of nasopharyngeal airway. *J Trauma* 2000; 49: 967-968.
- Schalk R, Byhahn C, Fausel F ym. Out-of-hospital airway management by paramedics and emergency physicians using laryngeal tubes. *Resuscitation* 2010; 81: 323-326.
- Shahridan MF, Siti NMM, Zuraidah CM, Azhana H, Zulkernain A, Ahmad KI. A prospective study of tracheal intubation in an academic emergency department in Malaysia. *Int J Emerg Med* 2010; 3:233-237.
- Shin SD, Ahn KO, Song KJ, Park CB, Lee EJ. Out-of-hospital airway management and cardiac arrest outcomes: a propensity score matched analysis. *Resuscitation* 2012; 83: 313-9.
- Smally AJ, Ross MJ, Huot CP. Gastric rupture following bag-valve-mask ventilation. *J Emerg Med* 2002; 22: 27-9.
- Smith G, Ng A. Gastric reflux and pulmonary aspiration in anaesthesia. *Minerva Anesth* 2003; 69: 402-6.
- SOS-KANTO study group CPR by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet* 2007; 369: 920-926.
- SOS-KANTO study group. Comparison of arterial blood gases of laryngeal mask airway and bag-valve-mask ventilation in out-of-hospital cardiac arrests. *Circ J.* 2009; 73: 490-6.
- Steen S, Liao Q, Pierre L, Paskevicius A, Sjöberg T. The critical importance of minimal delay between chest compressions and subsequent defibrillation: a hemodynamic explanation. *Resuscitation* 2003; 58: 249-258.
- Steinbruner D, Mazur R, Mahoney PF. Intracranial placement of a nasopharyngeal airway in a gun-shot victim. *Emerg Med J.* 2007; 24: 311.
- Steiner T, Mendoza G, Georgia MD, Schellinger P, Holle R, Hacke W. Prognosis of stroke patients requiring mechanical ventilation in a neurological critical care unit. *Stroke* 1997; 28: 711-715.
- Stocchetti N, Furlan A, Volta F. Hypoxemia and arterial hypotension at the accident scene in head injury. *J Trauma* 1996; 40: 764-767.

- Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ. The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation* 1998; 38: 3-6.
- Sunde GA, Brattebø G, Ødergård T, Kjernlie DF, Rødne E, Heltne J-K. Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012; 20: 8.
- Tanigawa K, Shigematsu A. Choice of airway devices for 12,020 cases of non-traumatic cardiac arrest in Japan. *Prehosp Emerg Care* 1998; 2: 96-100.
- Tiah L, Wong E, Mei Fong J.C ym. Should there be a change in the teaching of airway management in the medical school curriculum? *Resuscitation* 2005; 1:87-91.
- Timmermann A, Eich C, Russo SG ym. Prehospital airway management: A prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation* 2006; 70: 179-185.
- Toppila L, Pöllänen R. Kirje Dnro 8949/06.00.01.00/2013. Sosiaali- ja terveystieteiden lausunto ja valvontavirasto Valvira 8.1.2014.
- Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL ym. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005; 9: 1259-1265.
- Valenzuela TD, Roe DJ, Nichol G ym. Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in casinos. *N Engl J Med* 2000; 343: 1206-9.
- Voscopoulos C, Barker T, Listwa T ym. A comparison of the speed, success rate, and retention of rescue airway devices placed by first-responder emergency medical technicians: a high-fidelity human patient simulation study. *J Emerg Med* 2013; 44: 784-789.
- Vuori E, Ojanperä I, Nokua J, Ojansivu R-L. Oikeuskemiallisesti todetut myrkytyskuolemat Suomessa vuosina 2005–2007. *Suomen Lääkärilehti* 2009; 39: 3187-3195.
- Wahlen BM, Roewer N, Lange M, Kranke P. Tracheal intubation and alternative airway management devices used by healthcare professionals with different level of pre-existing skills: a manikin study. *Anaesthesia*, 2009; 64:549-554.
- Wang HE, Mann NC, Mears G, Jacobson K, Yealy DM. Out-of-hospital airway management in the United States. *Resuscitation* 2011; 82(4): 378-85.



- Wang HE, Peitzman AD, Cassidy LD, Adelson PD, Yealy DM. Out-of-hospital endotracheal intubation and outcome after traumatic brain injury. *Ann Emerg Med.* 2004; 44: 439-450.
- Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. *Ann Emerg Med* 2009; 54: 645-52.
- Wang HE, Szydio D, Stouffer JA ym. Endotracheal intubation versus supraglottic airway insertion in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2012; 83: 1061-1066.
- Wang HE, Kupas DF, Hostler D, Cooney R, Yealy DM, Lave JR. Procedural experience with out-of-hospital endotracheal intubation. *Crit Care Med* 2005; 8: 1718-1721.
- Weksler N, Tarnopolski A, Klein M ym. Insertion of the endotracheal tube, laryngeal mask airway and oesophageal-tracheal Combitube. A 6-month comparative prospective study of acquisition and retention skills by medical students. *Eur J Anaesth* 2005; 5:337-40.
- Weksler N, Tarnopolski A, Klein M ym. Insertion of the endotracheal tube, laryngeal mask airway and oesophageal–tracheal Combitube®. A 6-month comparative prospective study of acquisition and retention skills by medical students. *Eur J Anaesth* 2005; 22: 337-340.
- Wheatley S, Thomas AN, Taylor RJ, Brown T. A comparison of three methods of bag valve mask ventilation. *Resuscitation* 1997; 3:207-210.
- White RD, Hankins DG, Bugliosi TF. Seven years' experience with early defibrillation by police and paramedics in an emergency medical services system. *Resuscitation* 1998; 39: 145-151.
- Wik L, Hansen TB, Fylling F ym. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. A randomized trial. *JAMA* 2003; 289: 1389-95.
- Williams N (toim.). *Bailey & Love's Short Practice of Surgery* 25th. edition 2008: 290.
- Wong E, Fong YT, Ho KK. Emergency airway management – experience of a tertiary hospital in South-East Asia. *Resuscitation* 2004; 61: 349-355.
- Yokoyama T, Yamashita K, Manabe M. Airway obstruction caused by nasal airway. *Anesth Analg.* 2006; 103: 508-9.

## LIITTEET

### LIITE 1. Tietojen keräämiseen käytetty kaavake

ELVYTYSTENTTIKYSELY 2012

KA AVAKE NRO \_\_\_\_\_

Kysymykset opettajalle

1. Mitä hengitystietä käytettiin
  - a. Intubaatio
  - b. LT
  - c. LMA
  
2. Monellako yrityksellä onnistui \_\_\_\_\_
  
3. Kauanko yritys kesti 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_
  
4. Kauanko painelu oli poissa
  - a. Hengitystiehallintavälineen laiton takia 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_
  - b. Paikan varmistuksen takia 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_
  
5. Miten toiminta varmistettiin
  - a. Auskultaatio
  - b. Rintakehän nousu
  - c. Kapnometrin asettaminen
  - d. Ei varmistettu
  
6. Oliko ongelmia
  - a. Serious (intubaatio esofagukseen)
  - b. Major (ei painelua >10 s)
  - c. Major (ilmakalvosin vuotaa ja potilas ei ventiloidu)
  - d. Minor (yrityksiä kaksi tai useampia, vaikka painelu ja ventilaatio OK)
  - e. Ei ongelmia

Lisähuomioita: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_